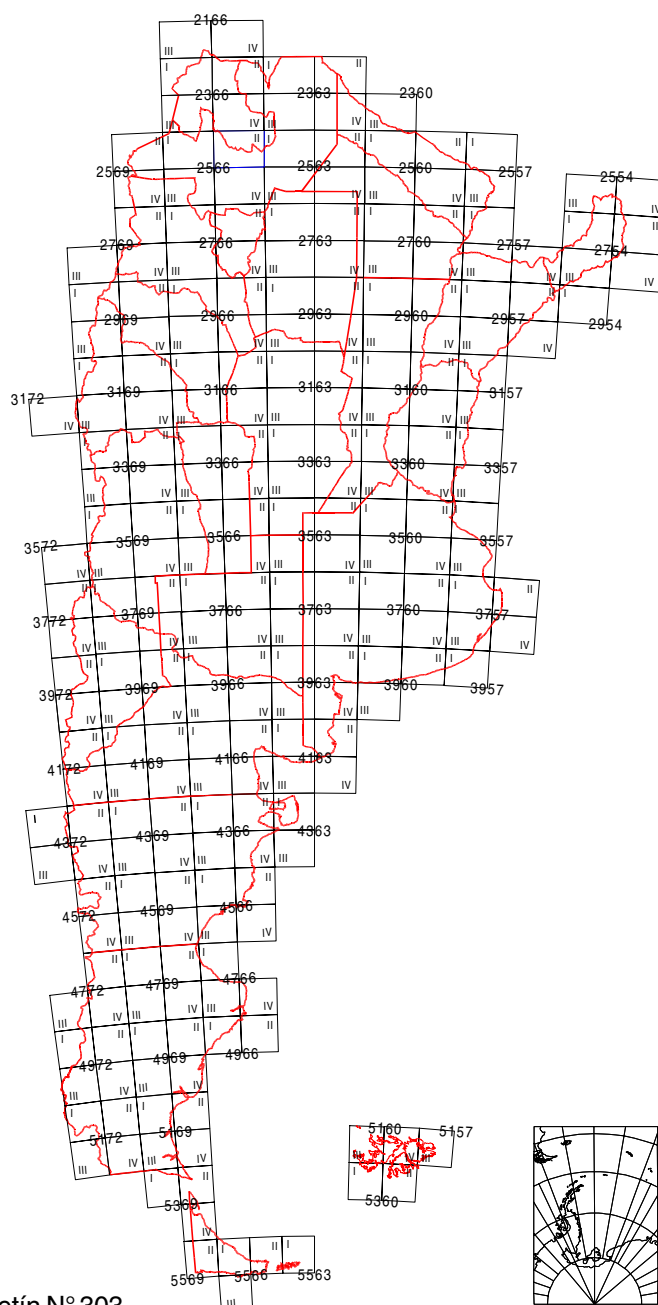


Carta de Peligrosidad Geológica 2366-IV  
Ciudad de Libertador General San Martín  
Provincias de Jujuy y Salta



**Carta de Peligrosidad  
Geológica 1:250.000**

**Programa Nacional de Cartas Geológicas y Temáticas  
de la República Argentina**

**1:250.000**

**Carta de Peligrosidad Geológica 2366 –IV  
Ciudad de Libertador General San Martín  
Provincias de Jujuy y Salta**

**Dirección de Geología Ambiental y Aplicada**

**Autores:      María Alejandra González  
                    Roxana Chávez  
                    Eulogio Ramallo**

**SUBSECRETARIA  
DE MINERIA  
DE LA NACION**

**SERVICIO GEOLOGICO  
MINERO ARGENTINO**

**- 1999 -**

FOTO DE TAPA: Proceso de remoción en masa sobre la ruta N°52 (Purmamarca – Paso de Jama)

Autor: Lic. Pablo Tchilinguirian

## **AUTORIDADES**

**Secretario de Comercio, Industria y Minería**  
Dr. ALIETO GUADAGNI

**Subsecretario de Minería**  
Lic. DANIEL MEILAN

**Presidente del Servicio Geológico Minero Argentino**  
Ing. HUGO NIELSON

**Secretario Ejecutivo del Servicio Geológico Minero Argentino**  
Lic. ROBERTO PAGE

**Director del Instituto de Geología y Recursos Minerales**  
Lic. JOSE MENDIA

**Director de Geología Ambiental y Aplicada**  
Lic. OMAR LAPIDO

---

## **INSTITUTO DE GEOLOGIA Y RECURSOS MINERALES SEGEMAR**

Av. Julio A. Roca 651 – 1° piso  
1322 Buenos Aires  
República Argentina

---

Es propiedad del Instituto de Geología y Recursos Minerales  
Prohibida su reproducción

**CARTA DE PELIGROSIDAD GEOLÓGICA 2366-IV**  
**CIUDAD DE LIBERTADOR GENERAL SAN MARTÍN**  
**Jujuy - Salta**

**INDICE**

Resumen .....	4
Introducción .....	5
Características geográficas .....	5
Características geológicas .....	7
Unidades litológicas .....	9
Características climáticas .....	13
Metodología de trabajo .....	16
Descripción de los procesos geológicos .....	17
Procesos geodinámicos externos .....	17
Erosión .....	17
Materiales expansivos .....	25
Inundación .....	25
Remoción en masa .....	29
Sedimentación .....	37
Procesos geodinámicos internos .....	42
Sismos .....	42
Volcanismos .....	44
Criterios para la evaluación .....	47
Bibliografía .....	54

Anexo:	Fichas Inventario de Peligrosidad Geológica
	Carta de Unidades litológicas
	Carta de Hidrografía
	Carta de Recursos mineros y depósitos antrópicos
	Carta de Geomorfología
	Carta de Procesos geológicos
	Carta de Peligrosidad Geológica.

## RESUMEN

En este informe se presenta la Carta de Peligrosidad Geológica de la Hoja 2366-IV (Ciudad de Libertador General San Martín).

Se cumplimenta con la normativa del SEGEMAR para este tipo de cartografía, que consta de mapas integrados a pequeña escala, que incluyen información básica para la estimación de áreas de Peligrosidad.

Los mapas de información básica utilizados a escala 1:1.000.000 son los de características meteorológicas (isohietas, isotermas, dirección y velocidad de vientos); densidad de población; características sísmicas (ubicación de epicentros con magnitudes entre 4 y 7 de la escala de Richter, y años de ocurrencia de terremotos históricos entre el 1863 y 1993); y un esquema geológico regional, a escala 1:2.500.000.

Se realizaron mapas a escala 1:250.000 para la caracterización física del área de estudio que es susceptible a los procesos geológicos, según las normativas vigentes.

Estos mapas son: el litológico y estructural (donde se representan las unidades litológicas y las estructuras regionales más importantes); el hidrográfico (con la división de las principales cuencas); el de recursos mineros y depósitos antrópicos; el geomorfológico (separando por su génesis a las formas eólicas, fluviales, glaciares, y de remoción en masa, y la distinción en formas de acumulación y/o de erosión); y el de procesos geológicos (antiguos y actuales). A partir de estos se confeccionó la Carta de Peligrosidad Geológica.

Para la separación de áreas de peligrosidad, se consideró la definición de peligrosidad de Varnes (1984); la cantidad de procesos presentes en una misma área; la recurrencia de alguno de ellos; la distribución de factores condicionantes y desencadenantes; y la probabilidad de que los procesos sean perjudiciales.

A este mapa se le incorporó el esquema de infraestructura dañada, en el cual se ubican los puntos que históricamente sufren daños, que están descriptos en las Fichas Inventario.

Integra a esta cartografía, la confección de Fichas Inventario para cada uno de los procesos que generaron perjuicio en el área de estudio y que integrarán un Catálogo de Peligrosidad Geológica de la República Argentina.

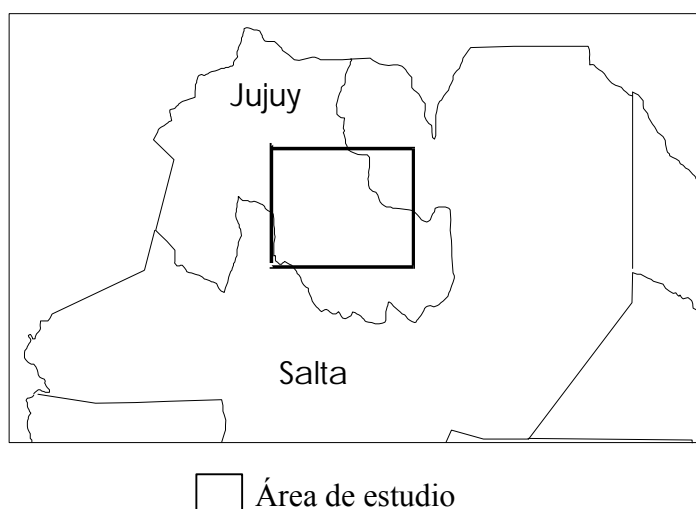


Figura N°1



## INTRODUCCIÓN

### CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS

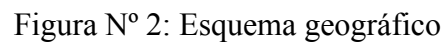
El área de estudio abarca el centro este de la provincia de Jujuy, y un sector del norte de la provincia de Salta (Fig. N° 1). Comprende los departamentos de Humahuaca, Tilcara, Cochinoca, Tumbaya, Valle Grande, Ledesma, Manuel Belgrano y Santa Bárbara, y solo algunos sectores de los departamentos de Iruya, Orán, La Poma y Rosario de Lerma.

En el oeste de la Hoja, se localiza el borde oriental de la Puna Salto- Jujeña caracterizado por una depresión regional que se extiende desde Bolivia hasta aproximadamente San Antonio de los Cobres (al SW de la Hoja). El sector central lo constituye la Cordillera Oriental predominantemente montañosa de relieve alto y empinado; mientras que en el este se hallan las Sierras Subandinas con cordones serranos, valles amplios y bajadas.

El relieve de la Puna presenta depresiones y elevaciones, marcado por un fuerte control estructural. El límite este está dado por una falla regional (falla Aguilar este, ver gráfico) que levanta la Sierra de Aguilar (5000m), al norte y parte de la sierra de El Moreno (Co. Rosado 5043.m), al sur. Estas elevaciones son el límite oriental de la depresión de Guayatayoc - Salinas Grandes, que presenta el típico paisaje puneño de una amplia llanura elevada (3200m) y árida, por donde cruza de norte a sur la ruta nacional n° 40. Al norte de este corredor se encuentra la laguna de Guayatayoc actualmente reducida en su extensión, y al sur las Salinas Grandes cubiertas de sales de boratos que son explotadas para su comercialización. Al oeste se encuentra, en el borde este de la Hoja, las Sierras de Tusaquillas (3600.m). Esta depresión favoreció el desarrollo de una cuenca endorreica con ríos temporarios e intermitentes como los ríos Miraflores, de las Burras, Grande, Piscuno, Colorados y de Moreno. Al sur de la Laguna de Guayatayoc y de la Sierra de Aguilar se encuentra un campo de dunas de aproximadamente 168 km<sup>2</sup>. Los pueblos más destacados son Agua Caliente, Agua Castilla, Tusaquillas, Rinconadilla, Quebraleña, Pozo Colorado, Tres Morros y El Moreno.

El centro del área de estudio lo constituyen una serie de cordones montañosos N-S separados por valles profundos o quebradas por los que discurren ríos que pertenecen a la cuenca del río Bermejo del sistema del Plata. Los desniveles entre los fondos de las quebradas y las cumbres varían entre 1000 y 2000 metros. La quebrada más extensa es por donde corre el río Grande de Jujuy, la denominada quebrada de Humahuaca. Esta quebrada controlada por la estructura presenta un perfil asimétrico. La ladera occidental es más tendida por lo que facilita el acceso (ruta N°9) y favorece a que los ríos tributarios sean más largos (Yacoraite, Juella, Huichaira, Purmamarca, A° del Medio). La ladera oriental es más empinada y de esta descienden ríos más cortos y de mayor pendiente (Huasamayo). En la lámina al oeste de la quebrada se encuentran la Sierra Alta (Co. Hermoso 5305 m) y las estribaciones de la Sierra de Chañi (5297.m). Hacia el este se encuentra las Serranías de Aparzo y de Tilcara de 4800 metros. En la quebrada de Humahuaca se encuentran escalones que forman las terrazas producto de los sucesivos cambios del nivel de base del río. A lo largo de la quebrada se observan estrechamientos o "Angostos" (Perchel y Yacoraite) debido a la presencia de afloramientos de rocas paleozoicas muy resistentes a la erosión del río. Otros estrechamientos del valle se producen por







la formación de grandes abanicos aluviales originadas por los ríos tributarios (A° del Medio, Purmamarca, Huasamayo). En las cumbres más altas las formas son suaves y onduladas producto de la erosión eólica y glaciaria. Los faldeos de las montañas presentan pendientes mayores de 30° y están cubiertas por material detrítico. Los pueblos más importantes se asocian a la quebrada de Humahuaca y son: Humahuaca, Uquía, Colonia San José, Huacalera, Tilcara, Maimará, Purmamarca, Tumbaya, Volcán, Bárcena, que están unidos en su mayoría por la ruta nacional n° 9, y el Ferrocarril General Belgrano (hoy inactivo).

Las Sierras Subandinas están constituidas por sierras más bajas que el área anterior, y un extenso paisaje pedemontano con amplias bajadas. El relieve tiene un fuerte control estructural que describe sierras homoclinales en sentido N-S, que constituyen frentes de cabalgamientos y grandes pliegues (Cerros de Ovejería, Sierra de Calilegua "Co. Amarillo 3646m"). Las cumbres son agudas producto de la activa erosión fluvial y presentan una espesa cobertura vegetal de tipo selvática y una alta densidad de drenaje. Los ríos San Andrés, Naranjo, Redondo, Blanco, Santa Cruz, Santa Ana, se encuentran en el noreste y tienen un recorrido dominante oeste - este, paralelos a las Serranías de las Cañas y de las Mesadas. Son permanentes y desembocan en el río Bermejo. Un recorrido similar presentan los ríos Colorado, Seco, Valle Morado entre las Serranías de Santa María y de Socabón. Los ríos de las Piedras, A° del Medio, de las Canteras, San Lorenzo, Ledesma, colectan ríos que bajan de las sierras: San Lucas, Valle Grande, Duraznal, Río Negro, Burrumayo y Candelaria, forman extensas bajadas y desembocan en el río San Francisco. Este bajo ubicado en el SW del área denominada "Valle del Ramal" en la cual se explota caña de azúcar y cítricos. En el área de las Sierra de Calilegua se encuentra el Parque Nacional de Calilegua. Este Parque fue creado en 1980 y posee una superficie de 76.320 hectáreas. Allí se protege un sector representativo de la Selva Tucumano-oranense o Nubo selva, cuña selvática subtropical de montaña que se introduce desde Bolivia. Además cumple la función de proteger las nacientes de los ríos asegurando así la calidad y el caudal de las aguas que frecuentemente abastecen cultivos y ciudades río abajo. Los pueblos más importantes están asociados al valle del río Valle Grande como Valle Colorado, Valle Grande, Pampichuela y San Francisco, o los del valle de San Francisco como Bananal, Caimancito, Calilegua, Ledesma, Ciudad de Libertador General San Martín y Fraile Pintado. Por este último valle corre el Ferrocarril y la ruta n° 34 o carretera General Martín de Guemes.

## CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS

La geología del área de la Hoja, comienza con un basamento precámbrico integrado por lutitas, pizarras, filitas grauvacas y esquistos de la Formación Puncoviscana. Los materiales corresponden a flujos turbidíticos que actualmente se encuentran afectados por un metamorfismo regional débil de carácter dinámico. Dentro de esta unidad se presenta localmente la caliza Volcán, que constituye bancos tabulares de 2 a 5 metros de espesor.

En el Cámbrico se emplazaron rocas ígneas que constituyen la Formación Quesera, Chañi (plutón de composición granítica y granodiorítica) y la Formación El Moreno (pórfiro dacítico). Las unidades sedimentarias están representadas por el Grupo Mesón que comienza con conglomerados, y continua con areniscas, cuarcitas y limolitas. Este Grupo se separa en las Formaciones Lizoite, Campanario y Chalhualmayoc.

En discordancia a estas unidades se encuentran las unidades ordovícicas del Grupo Guayoc Chico y del Grupo Santa Victoria. El primer Grupo comienza con bancos de limolitas y lutitas de colores verde oliva y gris oscura, intercalada con areniscas finas y limosas. El Grupo Santa Victoria se caracteriza por un conglomerado, el cual sigue hacia techo con areniscas finas, areniscas lutíticas y lutitas gris verdosas.

A partir del Silúrico hasta el Carbónico los afloramientos se observan solo en las Sierras Subandinas. Están representados por las Formaciones Lipeón, Baritú, el Grupo Macharetí y Mandiyutí, y la Formación Río Piedras.

Desde el Jurásico al Cretácico se producen intrusiones ígneas que constituyen la Formación Fundición, el Batolito Compuesto de Tusaquillas, y la Formación Aguilar - Abra Laite.

En el Cretácico se produce la depositación de sedimentos continentales del Grupo Salta, que se dividen en tres Subgrupos. El Subgrupo Pírgua compuesto por conglomerados polimícticos rojizos con filones capas, diques y coladas de composición basálticas. El Subgrupo Balbuena integrado por areniscas calcáreas amarillentas, calizas oolíticas y margas arenosas de color amarillento a verdosas y eventualmente intercalaciones pelíticas. El Subgrupo Santa Bárbara está compuesto por margas, margas arenosas y arcilitas calcáreas de colores rojizos y, por margas y lutitas verdosas con abundantes venillas de yeso.

El Terciario está representado por las Formaciones Casa Grande y Río Grande, y pequeños afloramientos de la Formación Pisungo y la Formación Sijes, en la Cordillera Oriental, y en las Sierras Subandinas por el Grupo Orán.

La Formación Casa Grande se caracteriza por la presencia de areniscas de grano fino, mediano a grueso de color castaño rojizo o rosado. La parte inferior presenta estratos arcillosos. La Formación Río Grande contiene conglomerados, areniscas conglomerádicas, areniscas y raros niveles pelíticos de color rojo grisáceo claro, en bancos lenticulares y tabulares gruesos a finos con típicas gradaciones normales en textura y estructura.

El Grupo Orán se separa en dos Subgrupos, Metán y Jujuy. El Subgrupo Metán está constituido por las Formaciones Calilegua, Agua Negra, y el Subgrupo Jujuy, está representado en la Hoja por la Formación Jujuy. El Subgrupo Metán está compuesta por areniscas rojas, cuarzosas finas, delgados bancos de arcillitas y algunas intercalaciones de tobas.

El Subgrupo Jujuy se caracteriza por una asociación clástica psamo pelítica con intercalaciones psefiticas que predominan hacia el techo de la unidad. En la base se intercalan niveles piroclásticos blanquecinos.

La Formación Maimará está compuesta por areniscas y conglomerados de tonalidades claras entre el pardo amarillento y el gris. En discordancia sobre esta, está la Formación Uquía constituida por areniscas y arcilitas poco consolidadas de colores blanquecinos, rojizos y pardo amarillentas, con intercalaciones calcáreas tobíferas.

Los depósitos cuaternarios que se distribuyen en el área de estudio son de origen fluvial, eólico y glaciario.

Los depósitos aluviales lo integran conglomerados arenosos y gravas arenosas que se interstratifican con arenas limosas. Los depósitos presentan un espesor entre 10 y 80 cm. Presentan estructuras paralelas y entrecruzadas y coinciden en su desarrollo con bajadas aluviales o con material en tránsito de antiguos pedimentos.

Los depósitos glaciares están compuestos por bloques y clastos irregulares de 2 a 0,5 m de diámetro, con una matriz limosa y arenosa, con estructura caótica (till). Coincide su desarrollo con antiguas morenas.

Los depósitos eólicos están integrados por arenas finas y medias. Presentan estructuras laminares o en otros casos son masivas. Los espesores oscilan entre 1 y 20 metros. Constituyen los depósitos de dunas barjanoides, dunas parabólicas o mantos arenosos.

Los depósitos de terrazas están constituidos por conglomerados y arenas conglomerádicas. Las características específicas de los depósitos varían según la posición de la cuenca (diferentes zonas de aporte). Presentan estructuras paralelas y entrecruzadas de sedimentación efímera y de elevada energía, a meandriformes. Los depósitos lacustres están integrados por arcillas y arcillas limosas, de tonalidades oscuras, estructura masiva o laminada. En algunos casos los pequeños lagos corresponden a restos de antiguos canales o meandros abandonados.

Los depósitos salinos están constituidos por evaporitas, limos lacustres salinos, en menor proporción arenas. Conforman los depósitos de playas y salinas de la Puna.

En la Hoja se evidencian estructuras de distintos eventos tectónicos sobreimpuestos.

La Fase Tilcárica, que puso fin al Ciclo Panamericano, desarrolló pliegues isoclinales de plano axial subverticales, y pliegues apretados de rumbo N-S, entre el Precámbrico superior y el Cámbrico inferior.

La Fase Oclóyica, que afectó los depósitos Cámbricos y Ordovícicos, y la Fase Cháñica, responsable de la discordancia Devónico - Carbónica, forman parte del Ciclo Famatiniano.

La extensión cretácica desarrolló el rift con fallas normales (parcialmente invertidas por la compresión andina) y asociadas a la intrusión de cuerpos graníticos y la extrusión de cuerpos subvolcánicos de naturaleza basáltica.

La tectónica compresiva andina, es una tectónica con fallamiento inverso de alto ángulo, cuya superficie de despegue se sitúa en el basamento. Está asociada a estructuras integradas por fallas inversas de bajo ángulo con vergencia oriental, fallas inversas de bajo ángulo con vergencia occidental, pliegues concéntricos asociados a despegues y fallas inversas subtransversales vinculadas a lineamientos regionales.

En el ámbito de las Sierras Subandinas la faja plegada de lámina gruesa pasa a lámina fina. Presenta una sucesión de pliegues volcados y fallados en una de sus flancos con sobrecorrimientos.

## Unidades Litológicas

La diferenciación de Unidades Litológicas es de interés ya que la litología constituye un factor condicionante para distintos procesos geológicos.

La información fue obtenida a partir del mapa geológico 1:250.000, y es básica y general, por lo que en sectores en donde la geología es compleja, se han agrupado teniendo en cuenta las litologías preponderantes.

Según la normativa vigente las unidades principales a separar son los *Depósitos superficiales*; las *Rocas sedimentarias*; las *Rocas plutónicas* y las *Rocas metamórficas*, teniendo en cuenta las características físicas y geomecánicas de las rocas.

## UNIDADES LITOLÓGICAS

I. Depósitos Superficiales	Unidad Litológica <b>I. a.</b>	Arcillas, limos, arenas, gravas y bloques.
	Unidad Litológica <b>I.b.</b>	Sales y limos.
	Unidad Litológica <b>I.c.</b>	Arenas (mantos y dunas)
II. Unidades Sedimentarias	Unidad Litológica <b>II.a.</b>	Areniscas, conglomerados, tobas y tufitas
	Unidad Litológica <b>II.b.</b>	Arcilitas, limolitas y areniscas calcáreas, margas y calizas, y areniscas y conglomerados.
	Unidad Litológica <b>II.c.</b>	Areniscas, ortocuarцитas, grauvacas, areniscas lutíticas, lutitas y conglomerados.
	Unidad Litológica <b>II.d.</b>	II.b. más II.c.
III. Rocas Plutónicas	Unidad Litológica <b>III</b>	Granitos, granodioritas y dacitas.
IV. Rocas Metamórficas	Unidad Litológica <b>IV</b>	Pizarras y lutitas.

**I.- Depósitos superficiales:** Dentro de esta unidad se han separado tres subunidades que agrupan distintos depósitos cuaternarios.

**I.a. Arcillas, limos , arenas, gravas y bloques:** Esta unidad presenta litología poco consolidada hasta material suelto. Tiene alta permeabilidad por porosidad, es fácilmente erodable y con frecuencia forma parte del material transportado por los flujos. En las planicies aluviales los clastos de cuarcitas y areniscas, son heterométricos y generalmente angulosos. Se encuentran en una matriz areno limosa que proviene de las Formaciones más deleznales con presencia de intercalaciones de lutitas. Es común observar bloques de cuarcitas, que evidencian la alta energía del medio. Los depósitos de los abanicos aluviales, en algunos casos presentan mayor grado de consolidación debido a la compactación de hasta 6 metros de depósitos. Este presenta una intercalación de bancos de materiales finos con bancos de gran concentración de clastos.

**I.b. Limos, arenas y sales:** La unidad está restringida al ambiente de la Puna, y constituyen los materiales de las playas salinas de la depresión. Los materiales son finos y sueltos e intervienen en los procesos de erosión eólica. En esta unidad se incluyeron las costras salinas de las Salinas Grandes.

**I.c. Arenas:** Esta unidad también se restringe a la Puna y solo ingresa a la Cordillera Oriental por el corredor eólico al sur de la Sierra de Aguilar. Está representada por arenas retransportadas que constituyen dunas.

**II.- Unidades sedimentarias:** En gran superficie de la Hoja afloran rocas sedimentarias (marinas y continentales), dentro de esta se subdividieron cuatro unidades.

**II.a. Areniscas, conglomerados, tobas, tufitas y arcillas:** Son materiales muy deleznales. La permeabilidad es por fracturación en los casos en los que la participación de arcillas es más grande. Son macizos rocosos con baja resistencia de la matriz. Son fácilmente erodables y no resisten pendientes muy agudas (sobre todo las más arcillosas). Presenta alteración superficial, que hace desaparecer la estructura del macizo rocoso.

**II.b. Arcilitas, limolitas, areniscas calcáreas, margas, calizas, areniscas y conglomerados:** macizos con matriz rocosa de resistencia media a baja. Presentan niveles limo arcillosos rojos finamente estratificados con alguna intercalación de niveles arcillosos más resistentes. Tiene permeabilidad por fracturación.

**II.c. Lutitas, areniscas lutíticas, areniscas, ortocuarcitas y grauvacas:** macizos rocosos competentes, en general se presentan diaclasados, tienen matriz rocosa de alta a media resistencia con presencia de varias familias de discontinuidades. Los materiales aparecen frecuentemente plegados y fallados, con intercalaciones de niveles finos. La Permeabilidad es alta, por fracturación.

**II.d.** Esta unidad se constituyó por la necesidad de agrupar sectores en donde, debido a las características estructurales en la Cordillera Oriental, afloran fajas delgadas de muy diferentes litología. Teniendo en cuenta la escala de trabajo se adoptó el criterio de unir IIc y IIb.

**III. Granitos, granodioritas y dacitas:** macizos rocosos competentes de alta resistencia y baja alteración.

**IV. Pizarras y lutitas:** matriz rocosa competente con estratificación decimétrica a centimétrica. Macizo rocoso muy fracturado y replegado con zonas brechificadas. Grado de alteración alta. La baja resistencia no es intrínseca a la litología sino a la intensa fracturación sufrida. Con frecuencia se presenta cubierta por material suelto, producto de la degradación y la alteración .

## CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

Según la clasificación climática de Deus y García Dache (en Buitrago y Larrán, 1994) en el área que abarca la carta, se presenta un Clima Árido Andino Puneño; Clima Subtropical Serrano y Clima Subtropical con estación seca.

Según la clasificación de Kopen (en Buitrago y Larrán, 1994), la región de la Puna es del tipo Bsk, la región de la quebrada a Bwk, y la del Ramal, a Cwab.

El tipo Bsk, es seco con escasez de precipitaciones, vegetación esteparia, inviernos muy fríos y frecuentes heladas intensas. El grupo Bwk, se trata de un clima de desiertos tropicales, con escasez de precipitaciones, concentradas solo en el verano y con inviernos muy fríos y secos. El clima Cwb es templado moderado lluvioso, con inviernos secos y más hacia el este de la hoja, se encuentra Cwa que comparte algunas características del grupo Cwb pero con veranos más calurosos.

En el noroeste argentino, las grandes diferencias de alturas, la orientación de los valles y la exposición de las laderas, son las causas por las que las características climáticas varían tanto en corta distancia.

El trópico de Capricornio atraviesa el centro de la Hoja, por lo que la zona goza de alta radiación (el sol incide en forma perpendicular en el solsticio de verano).

REGIÓN	PRIMAVERA	VERANO	OTOÑO	INVIERNO
Puna	Fresco suave	Fresco Suave	Fresco	Frío
Quebrada	Fresco Suave	Fresco Suave	Fresco Suave	Fresco
Ramal	Cálido moderado	Cálido	Cálido moderado	Templado

En las áreas de alta cobertura vegetal (Sierras Subandinas) se refleja un 18% de la radiación de onda corta recibida, mientras que en las áreas de la Puna se refleja un 40%. En la zona alto andina jujeña son comunes amplitudes térmicas diarias del orden de 16° a 20°C, llegando en casos extremos hasta valores de 30°C.

En el caso de la Quebrada de Humahuaca la amplitud térmica oscila entre 16° y 20°C haciéndose más

atenuada hacia el sector de los valles: entre 12° y 16°C y en el Ramal entre 13,5° y 14°C.

De acuerdo a la clasificación de la escala decimal de Knoche (en Buitrago y Larrán, 1994), sobre la base de las temperaturas medias mensuales de cada zona, en la provincia de Jujuy, tendremos:

Las heladas se presentan periódicamente en el invierno, los periodos en Puna son de fines de Marzo a mediados de noviembre, en la Quebrada de principio de mayo a fines de septiembre y en el Ramal en el mes de julio.

Los vientos locales presentes son los denominados "Brisas del valle y montaña" y el "Viento norte" (este último en los meses de otoño - invierno).

En Jujuy la distribución de las precipitaciones a lo largo del año, responde a un régimen de precipitaciones Monzónico. Están caracterizadas por precipitaciones de tipo orográfico y lluvias en los meses de verano. A medida que aumenta la temperatura, aumenta los volúmenes de precipitaciones por lo tanto el 80% de las mismas se concentran entre los meses de noviembre a marzo.

En el sector de la Hoja, que abarca la Puna, corresponde a la "Puna desértica", en la que la precipitación alcanza sus más bajos niveles (50 y 100 mm).

La quebrada de Humahuaca, muy abierta hacia el valle de Jujuy, presenta en la parte sur (Volcán) altas precipitaciones, aunque registros de la parte árida de la quebrada de Humahuaca presentan las precipitaciones menores a 200 mm. Fuera del fondo del valle principal, también se registran valores altos: Coctaca 313 mm y Cianzo 355 mm.

La zona del Ramal recibe influencia de los vientos del Atlántico que atraviesan la región llana del Caco, hasta llegar a las Sierras de Calilegua.

La puna semidesértica se caracteriza por una deficiencia de agua en el suelo durante los meses de otoño, Invierno y Primavera. La aridez se incrementa de norte a sur, presentándose en el sur, 11 meses de deficiencia y solo 1 de equilibrio, y en el norte, 9 meses de deficiencia.

El exceso de agua es nulo durante todo el año y, por las características del régimen de precipitaciones y temperatura, la Evapotranspiración real y Potencial alcanzan sus valores máximos en verano.

La Quebrada se caracteriza por una alta Evapotranspiración, acentuándose desde sur a norte.

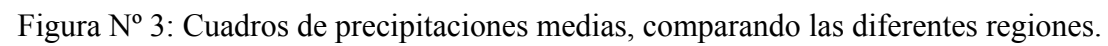
La evapotranspiración potencial y real, es máxima para el verano y mínima para el invierno.

Las deficiencias de agua en el suelo responden a la disminución de las precipitaciones, en el caso de Volcán es de 11 meses y desde allí hacia el norte se presenta todo el año.

En la zona del Ramal las deficiencias de agua se incrementan de oeste a este.

Las precipitaciones alcanzan valores inferiores a la Evapotranspiración Potencial anual, lo que origina las Deficiencias de agua. La Evapotranspiración Potencial y Real son máximas en los meses de verano. Las Deficiencias de agua incrementan en los meses de primavera, debido a la concentración de las precipitaciones. En esta zona no existen Excesos de agua en ninguna estación, si situaciones de equilibrio entre los meses de enero a marzo





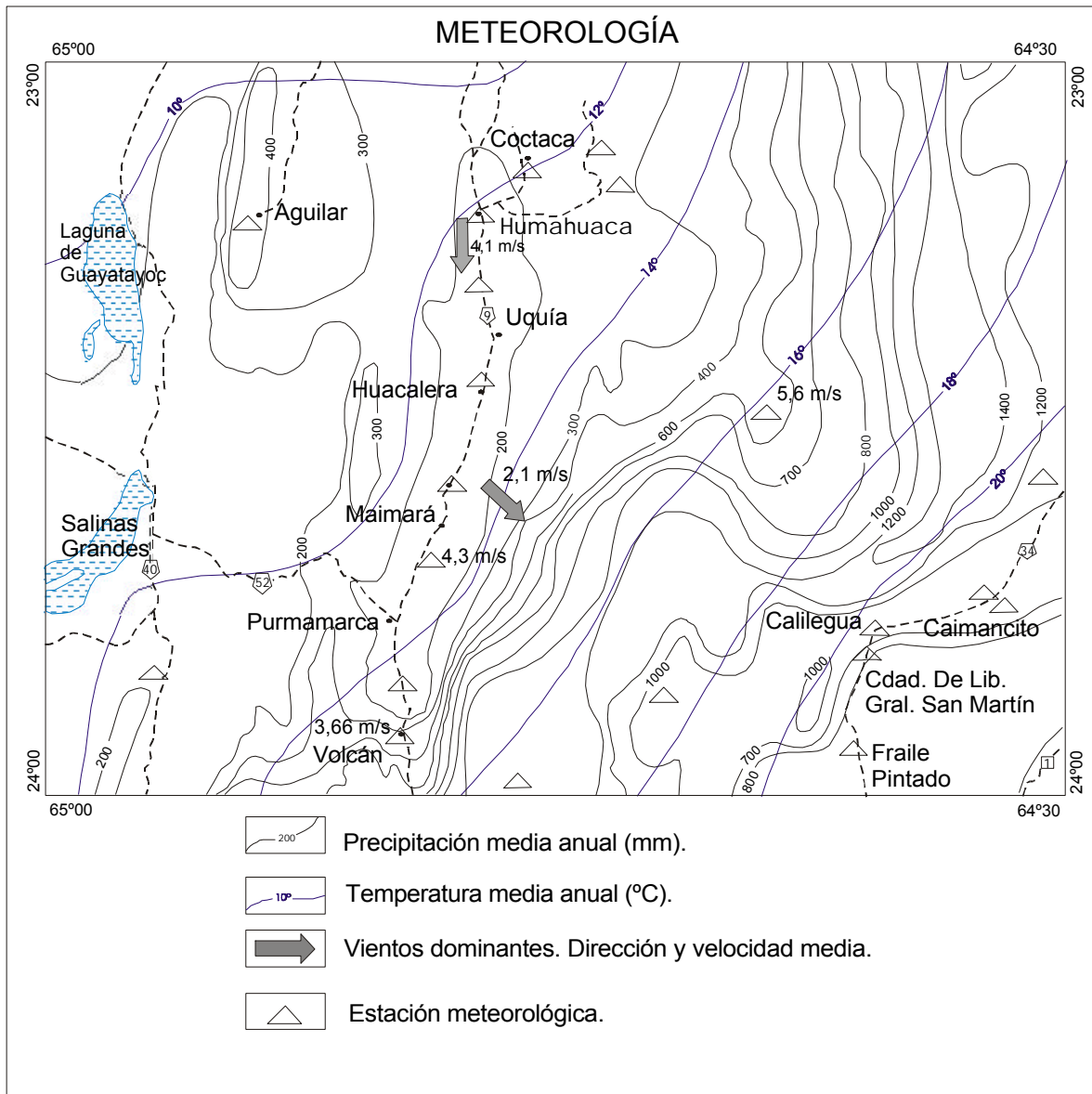


Figura N°4: Esquema de las características meteorológicas.

## METODOLOGÍA DE TRABAJO

Para el presente estudio se realizó una recopilación de la información previa para cada uno de los mapas a realizar. Los informes y mapas publicados se analizaron en gabinete y se realizó un diagnóstico previo. El siguiente paso fue una interpretación de fotografías aéreas (aproximadamente 800 fotogramas) básicamente para la realización de las cartas de geomorfología y de procesos geológicos. Esta información previa fue chequeada y completada en el campo. También se realizó una compilación de recortes periodísticos en los diarios locales para la confección de las Fichas Inventario. Finalmente los mapas y el informe se elaboraron en gabinete, bajo las normativas existentes en el IGRM.

De acuerdo a la normativa del SEGEMAR, se realizaron mapas 1:1.000.000 de información básica como los de meteorología, sismicidad, población y un esquema regional 1:2.500.000.

En el caso del mapa meteorológico, se realizó con la colaboración del Ing. Buitrago del departamento de climatología de la Facultad de Agronomía de la UNJU, en el que se volcó información existente realizada por el departamento (Buitrago y Larrán, 1994; Buitrago, 1998)

El esquema de sismicidad contiene curvas de aceleración, epicentros y años de ocurrencia de terremotos, todos estos datos fueron proporcionados por el INPRES y elaborados según escala y normativas, por las autoras.

El esquema de población se realizó con datos recopilados del INDEC, y el esquema geológico regional fue tomado de Gonzalez, M. A. (1998).

A escala 1:250.000 se realizaron mapas también de información básica como el litológico - estructural, el hidrográfico, el de recursos mineros, el geomorfológico, y el de procesos geológicos.

El mapa litológico y estructural se realizó a partir del mapa geológico (Gonzalez, M. A., op. cit.) agrupando las unidades que presentan las mismas características del macizo rocoso, no teniendo en cuenta su edad o nombre formacional.

El mapa hidrográfico se tomó del topográfico IGM, incorporando alguna toponimia extraída de trabajos locales, y completando la red con la imagen satelital.

El mapa de recursos mineros lo realizó el geólogo E. Ramallo a partir del mapa de recursos mineros de la Hoja Geológica.

El mapa geomorfológico se confeccionó a partir de trabajos previos (Igarzabal y Rivelli, 1996; SEGEMAR - ITGE, 1998; Igarzabal, 1982 y 1991) e interpretación de fotos aéreas a escala 1:50.000.

El mapa de procesos se elaboró fundamentalmente a partir de fotos aéreas, y de chequeo de campo. Se realizó una campaña de 15 días con la colaboración de E. Ramallo.

De la combinación de todos estos mapas y del análisis de los factores desencadenantes de los procesos, se confeccionó el mapa de peligrosidad geológica.

Las áreas o zonaciones se agruparon teniendo en cuenta la ocurrencia de procesos (uno o más) y la recurrencia de los mismos.

Acompañando al mapa de áreas o de zonación de peligrosidad se volcaron en la misma capa, los puntos donde se han registrado históricamente procesos que provocaron daños en la infraestructura.

La mayoría de estos datos fueron recogidos de información periodística relevada en el archivo del diario Clarín (Buenos Aires), del diario Tribuno (Salta) y del Pregón (Jujuy); además de datos publicados en Congresos, Simposios y Revistas.

Estos puntos de información están asociados a una base de datos según el tipo de procesos. Estas fichas integran el banco de datos de peligrosidad geológica de la República Argentina.

## DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS GEOLÓGICOS

### PROCESOS GEODINÁMICOS EXTERNOS

Los procesos geológicos generan cambios físicos y hasta químicos que modifican la superficie terrestre. Estos procesos se llevan a cabo a través de agentes, que son el medio por el cual se desarrolla cada proceso. Estos cambios producen generación y/o desgaste del relieve, que a su vez pueden ser potencialmente perjudiciales. Los procesos de mayor relevancia que se observan en el área de estudio son erosión; expansividad de suelos; inundación; remoción en masa y sedimentación.

### EROSIÓN

Dentro de los procesos de erosión fluvial que se consideraron en el mapeo de esta Hoja (2366-IV), se diferenció la erosión lineal (carcavamiento, y erosión lateral del curso fluvial), y erosión laminar o en manto. Si bien, también la erosión eólica, está presente como proceso, no se ha representado en el mapa, pero se ha tratado en el proceso asociado de sedimentación eólica.


#### *Factores*

Los factores condicionantes y desencadenantes que intervienen en la erosión están definidos por Val Melus, J. (1988) con nombres particulares. Así los factores desencadenantes o disparadores, son el Factor activo o energético (que comprende al clima manifestado a través de los distintos agentes; lluvias, vientos, etc.); y los Factores condicionantes o intrínsecos, es el Factor pasivo o Resistente (aquel sobre el cual actúa el anterior, puede ser el suelo o una unidad geológica). Para el análisis de este proceso se ha tenido en cuenta la "Erosividad" (capacidad erosiva -desprendimiento y movilización- del agente o proceso climático considerado, en esto interviene la agresividad de las precipitaciones sobre el terreno), y la "erosionabilidad" (susceptibilidad del suelo a ser movilizad- resistencia de los materiales, relieve, capacidad de infiltración).



Los factores condicionantes en estos procesos de erosión son fundamentalmente la litología, las variaciones locales del nivel de base y la morfología. Los disparadores son las precipitaciones torrenciales, y los divagues de los ríos.

Dentro de la litología se encuentra gran cantidad de unidades litológicas poco consolidadas, agrupadas en la carta de unidades litológicas como Depósitos superficiales (I). Se agregan además los taludes de detritos y conos de talud muy extensos, muy susceptibles a la erosión, producidos por la disgregación mecánica favorecida por las condiciones climáticas semidesérticas. La topografía es muy alta y empinada en gran porcentaje del área de estudio. Esto favorece el mayor escurrimiento del agua que desgasta el material y lo transporta fácilmente. Las variaciones locales del nivel de base se generan en los casos de endicamientos por avance de un abanico o un torrente de barro, o estrechamientos naturales (Angosto del Perchel, Angosto de Yacoraite, etc.)

El exceso de precipitaciones está asociado tanto a la erosión lineal como a la laminar. El carcavamiento se produce en las épocas de mayores precipitaciones (ver clima) cuando


aumenta el caudal de los ríos. La erosión laminar, derivada del desborde de los ríos es producto del mismo factor. La erosión lateral se observa en la naturaleza divagante del río, y en las modificaciones de la geometría del cauce debido a los avances de algunos abanicos de río utarios, que obligan a recostarse al río colector, hacia la otra ladera. Dentro de los casos más notables está el abanico del Arroyo del Medio, y el abanico del Arroyo Huasamayo, que modifican el cauce del río Grande.

#### *Distribución y Consideraciones:*



El proceso erosivo efectuado por los ríos con mayor frecuencia en el área es el de erosión lateral  de las márgenes,  abanicos, y terrazas sobre material poco consolidado. Debido a la escala no se presentan en el mapa de procesos. Sí, se han distinguido en los puntos más relevantes como Bárcena, Volcán (Fig. N° 6), Humahuaca, Tilcara, Maimará y Purmamarca (Figs. N° 7; 8; 9; 10). Yanes (1987) calcula que el río Grande erosiona 310.000 toneladas anuales de sus márgenes (Fig. N° 5).

La erosión lateral en algunos casos, actúa como factor desencadenante de los procesos de remoción en masa, sobre todo cuando afectan a abanicos y terrazas altas (Foto N°1). La energía de la erosión es alta y en muchos casos difícil de controlar. Frecuentemente se observan construcciones de defensas de distintos tipos, que terminan siendo inutilizadas. En la Foto N°2 se observa uno de los gaviones ubicados en el Arroyo Yutón para evitar la erosión del oleoducto que va a Caimancito.

El carcamaviento se ha mapeado incluido

 grandes áreas, (coincidentes con unidades litológicas favorables)(Foto N°3), y aisladamente en algunos ríos que puntualmente presentan profundización

También es frecuente la presencia de bad lands (Foto N°4), coincidiendo con unidades litológicas poco consolidadas.

Se ha mapeado además la erosión laminar o en manto  relevada de las fotografías , y de datos recopilados en el campo, sobre todo en las municipalidades. Esta erosión se produce fundamentalmente cuando los ríos (Ledesma y San Lorenzo) salen de su cauce normal para divagar en las superficies de bajadas, donde hoy existen cultivos y pueblos (Fig. N°11).

Para tener una idea parcial (solo en el río Grande) de la pérdida de terreno por erosión, se extracta el cuadro de Yanes (op. cit.), en el siguiente:

Figura N°5: Cuadro de pérdida de suelo

Sección del río Grande	Pérdida de suelo por sección (tn/año)	
Inferior	710.000	
Media	390.000	
Superior	1.990.000	
	3.090.000	Sub - total
	310.000	Erosión de márgenes
	3.400.000	Total Río Grande

Figura N°5: Cuadro de pérdida de suelo por por erosión del Río Grande

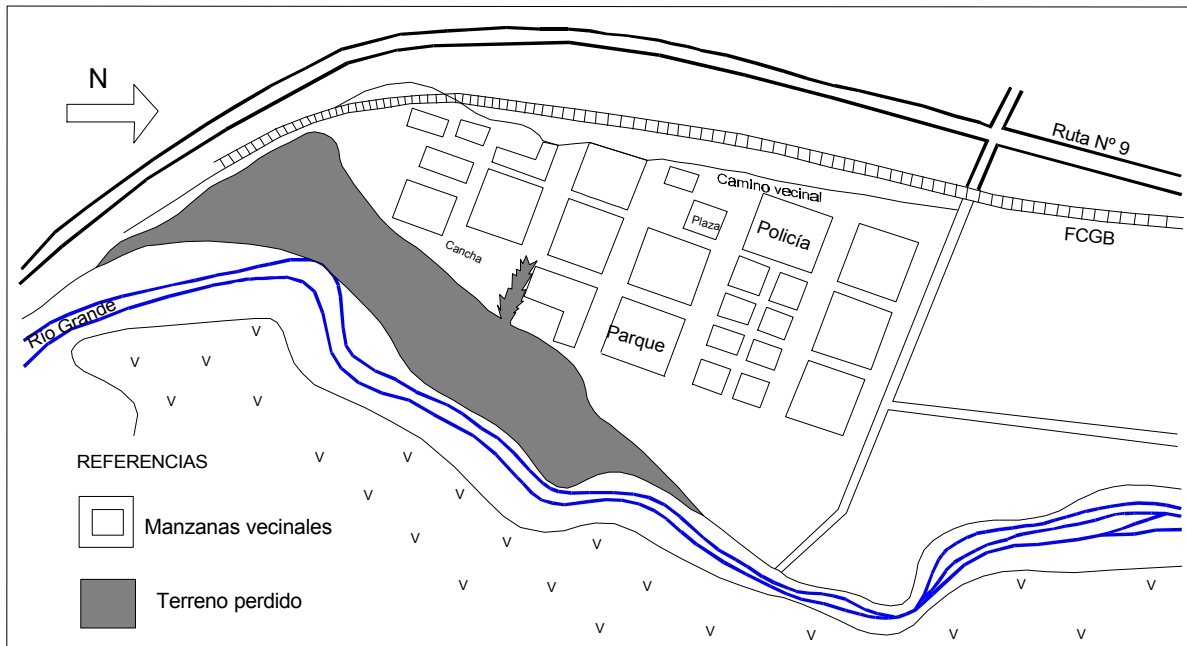



Figura N°5: Esquema tomado de foto aérea del años 1968, en la que se destaca la pérdida de terreno registrada a través de la comparación del límite del valle en 1995. La superficie estimada de pérdida es de 86.400m<sup>2</sup>



Figura N°6: Sector afectado por la erosión lateral  del río Grande en los alrededores del pueblo de Humahuaca

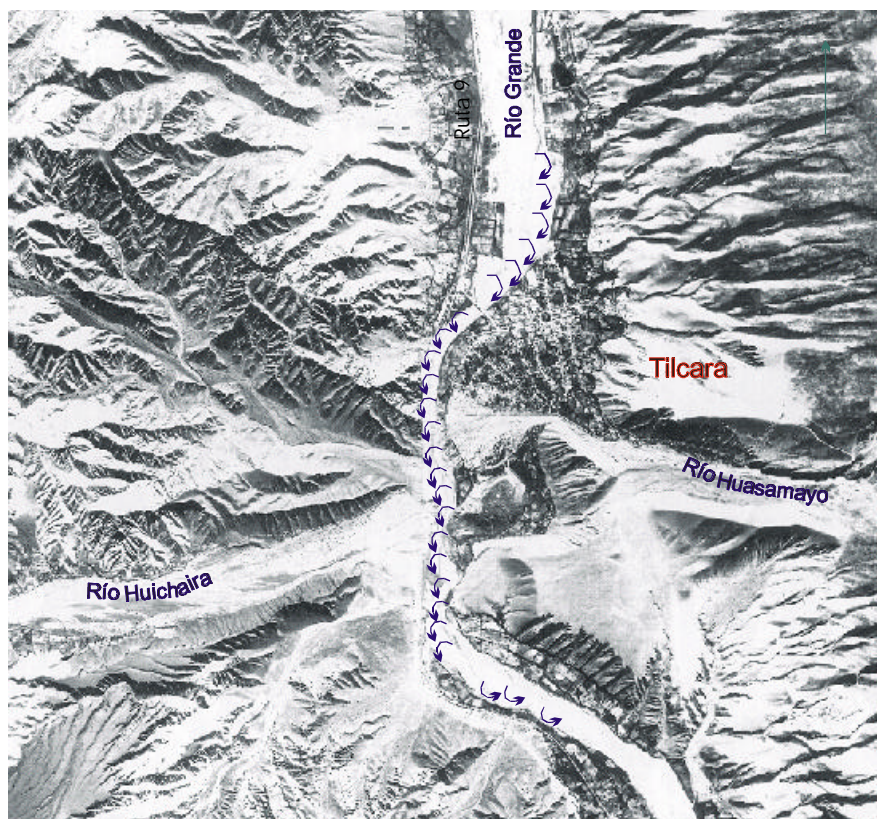



Figura N°8 : Márgenes afectadas por la erosión lateral del río Grande  en los alrededores de Tilcara. Cabe destacar que aunque en gran parte existen defensas de hormigón, estas están siendo socabadas por la acción erosiva del río.



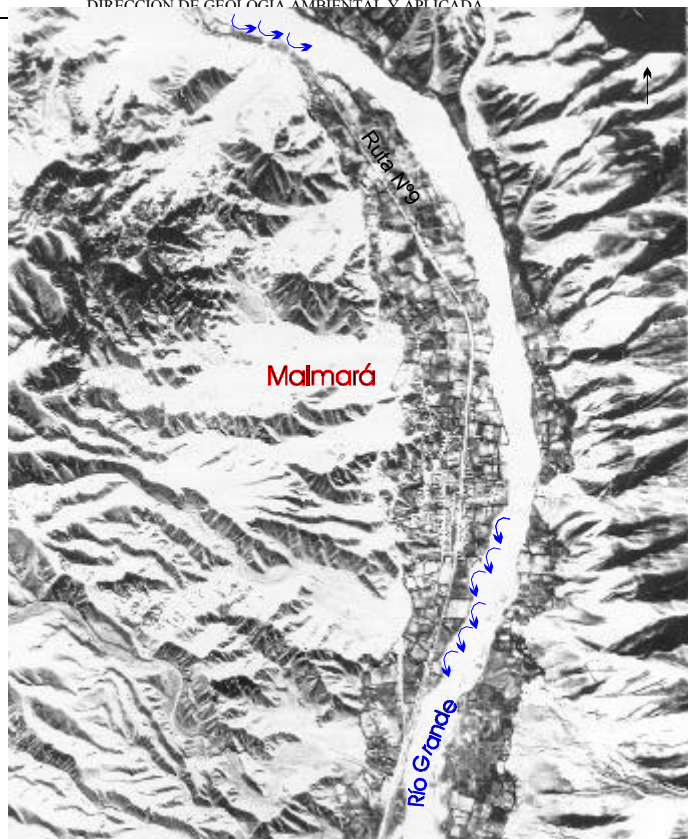
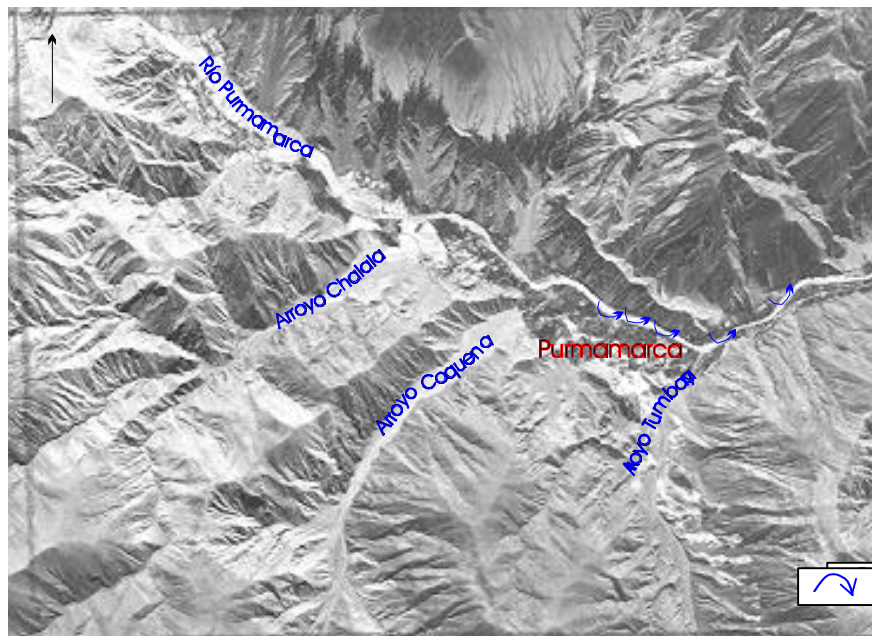


Figura N°9: Área afectada por la erosión lateral del río Grande en los alrededores del pueblo de Maimará.

Figura N°10: Márgenes afectadas por la erosión lateral del río Purmamarca en los alrededores del pueblo homónimo. En gran parte existe defensas de hormigón.



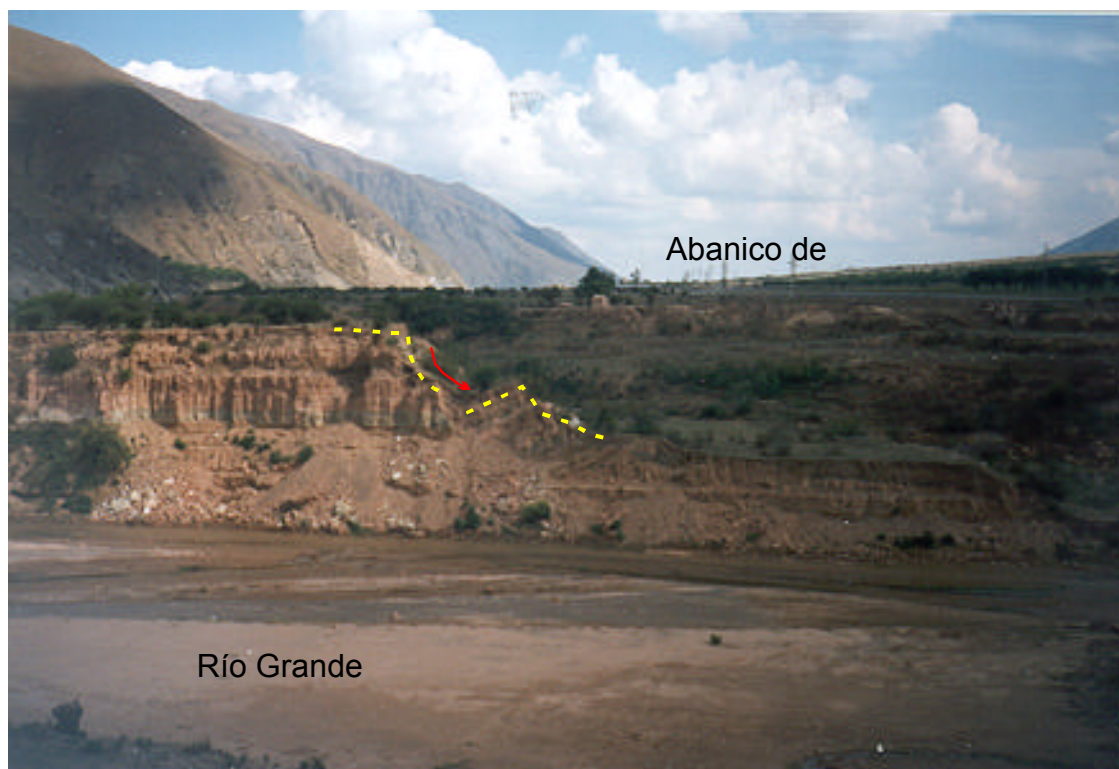


Foto N°1: Remoción en masa debido al socavamiento de los márgenes en los alrededores del pueblo de Volcán.



Foto N°2: Defensa (gavión) para la traza del oleoducto de Caimancito en el arroyo Yuto.



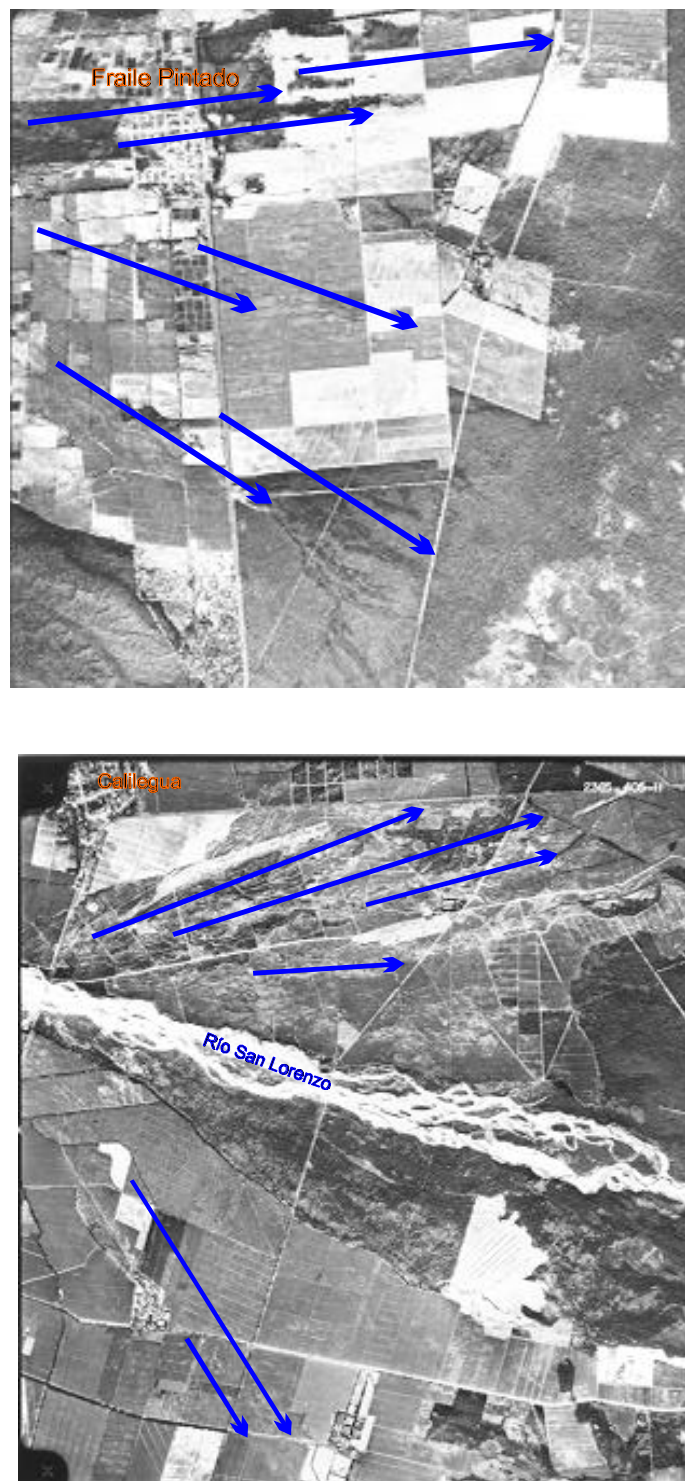


Figura N°11: Esquema de las áreas donde se produce erosión laminar, en las proximidades de Fraile Pintado y Calgua. Dirección de las aguas



Foto N°3: Carcavamiento sobre la unidad litológica I.a, depositada sobre la unidad IV, en el área del Arroyo de Tumbaya Grande.



Foto N°4: Bad lands en la unidd litológica I.A., al borde de la ruta nacional N°9.

## MATERIALES EXPANSIVOS

La expansividad de suelos no se ha mapeado, debido a una limitación de escala, no obstante, se tiene en consideración este proceso, habiendo encontrado antecedentes históricos.

Como es sabido, la razón por la que estos suelos se ven afectados por los cambios de humedad se debe a que en su composición mineralógica existen arcillas, que tienen espaciado basal muy variable. Esto permite la entrada y salida de agua, y de cationes que inducen cambios volumétricos desde la red cristalina.

Las arcillas están presentes en varias de las unidades litológicas en las que se han separado el área. Los efectos de los suelos expansivos se encontraron en las unidades litológicas Ia y IIa, especialmente en el abanico de Tilcara (Solis y Orosco, 1996).

### *Factores*

Los factores que condicionan este proceso son las características texturales y composicionales de los minerales arcillosos presentes en las unidades litológicas. Un estudio de arcillas del Arroyo Huasamayo (Tilcara) realizado por Camacho et al. (1999), revela que están compuestas por abundante montmorillonita (96% al 80%) y en menor proporción illita (1 al 15%) y caolinita (1% al 5%). La montmorillonita es del grupo de las arcillas con gran capacidad de expansión y contracción.

Las características climáticas del área constituye el factor desencadenante. La presencia de una estación muy húmeda (verano), frente a las otras muy secas provoca en los materiales grandes diferencias de humedad. Las consecuencias del cambio de volumen de los materiales, el agrietamiento y el hundimiento generan gran perjuicio debido a las características de las construcciones y el tipo de cimentación, que en esta área suelen ser precarias (generalmente de adobe).


## INUNDACIÓN


Los fenómenos de inundaciones, abarcan superficies pequeñas debido a lo accidentado del relieve, y/o al origen de la inundación. En el valle de San Lorenzo presenta recurrencia de 5, 10 y 100 años.

### *Factores*

Los factores condicionantes para este proceso son la litología y el relieve (cota y pendiente), y los factores desencadenantes son las precipitaciones (concentración de precipitaciones en la época estival, lluvias torrenciales) que producen un aumento del caudal normal de los ríos.

### *Distribución y Consideraciones*

Las áreas anegables mapeadas  en la región de la Puna, coinciden con antiguos deltas (hoy inactivos) de las cuencas cerradas, observados en las fotos aéreas de los años 60, época que coincide con lluvias frecuentes (Fig. N°12). Actualmente, el noroeste argentino está atravesando una época de sequía muy marcada, por lo cual estas mismas áreas hoy se encuentran muy reducidas o inexistentes, y en épocas húmedas son utilizadas por los animales como aguadas. En estas áreas se deberían realizar estudios de detalle en el caso del trazado de caminos y/o ductos (obras probables de realizar en la zona).

Las áreas inundables de la quebrada de Humahuaca, coinciden  con las márgenes donde no existen terrazas, o las terrazas son tan bajas que son fácilmente superadas (en el caso de un aumento del nivel de agua).

Algunos ejemplos del primer caso son el pueblo de Tumbaya (ver ficha inventario de inundación N° 003), o en algunos sectores del pueblo de Humahuaca (Fig. N°13) o Maimará (Fig. N°14), que se encuentran a igual cota que el río Grande o en algunos sectores del pueblo de Purmamarca que está a igual cota que el río homónimo.

Otro ejemplo se puede observar en el Pueblo de Volcán, que aunque se ubique sobre una terraza, la sección del río es tan pequeña, que en épocas de grandes caudales, es superada e invade el pueblo, o como en el caso de 1945 (Harrington, 1946), que por endicamiento del río Grande, aguas abajo del Pueblo, el embalse formado inundó Volcán (hasta un metro de agua en las calles del pueblo - ver ficha inventario de movimientos de laderas N°001).

En el caso de los pueblos de Purmamarca, Tilcara, Maimará y Colonia San José, se han construido defensas de hormigón o gaviones para reducir los efectos de las inundaciones. En algunos de estos casos, teniendo en cuenta la gran cantidad de caudal sólido que depositan, la cota del río actualmente, está por encima de la cota del pueblo. Esto provoca que por un aumento del caudal del río (por exceso de lluvias) inunde el pueblo. Un ejemplo semejante fue el ocurrido en Colonia San José en Marzo de 1984, cuando 13 familias debieron ser evacuadas y de esta inundación, resultaron 4 niños muertos y un desaparecido. Se calcularon (para ese momento) seis millones de pesos argentinos de pérdidas económicas (ver ficha inventario de inundación N°002).

En el valle de los ríos San Lorenzo y Ledesma (en las Sierras Subandinas), las áreas inundables coinciden con zonas bajas de la amplia planicie que constituyen las bajadas (ver ficha inventario de inundación N° 001). En la época estival, estos ríos en áreas de poca pendiente, provocan inundaciones que finalizan en daños a la infraestructura de caminos y canales; esta información fue proporcionada por la Empresa Ledesma S.A.. Esta empresa posee un programa sistemático, implementado hace algunos años, de ejecución de obras de defensas marginales y espigones que les permiten mantener los cauces de estos ríos dentro de ciertos límites y minimizar los daños a los terrenos y a los cultivos.

En el valle del río San Francisco las áreas marcadas en el mapa corresponden a cauces abandonados del mismo río, que al aumentar el caudal son ocupados.

Según el Jefe del VI Distrito de Vialidad Nacional, en una nota del 19/08/98, comenta que con lluvias intensas se producen cortes en el Km 1231,56 - Río Ledesma cuyas aguas desbordan, produciendo inundaciones en la zona conocida como Palo Blanco, (se encuentra en ejecución un nuevo puente) en el Km 1245,59 - Río San Lorenzo que inunda los barrios ubicados aguas abajo del puente existente.



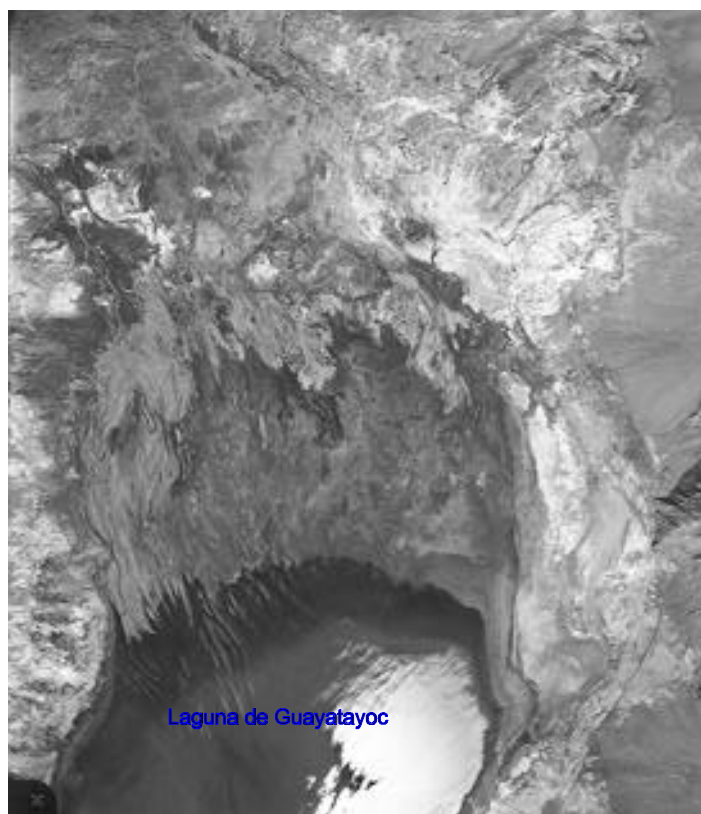


Figura N°12: Antiguo delta en el norte de la Laguna de Guayatayoc. Área de anegamiento probable.



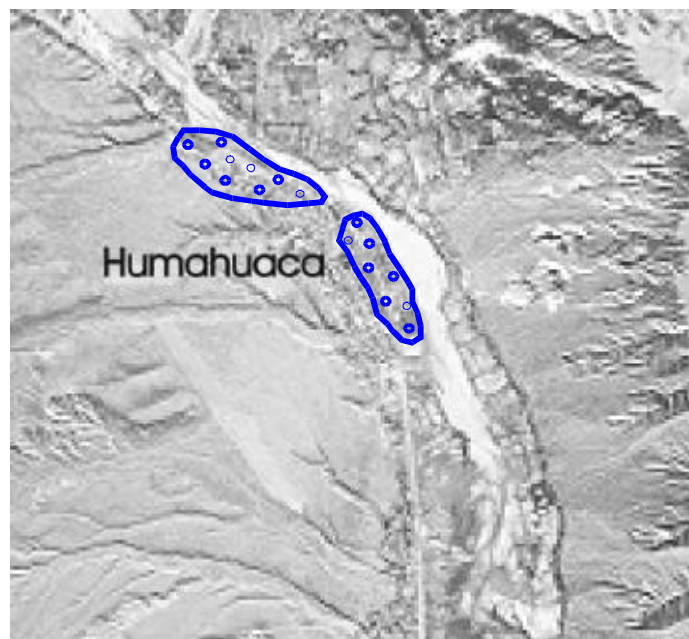
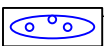


Figura N°13:  Áreas anegables del pueblo de Humahuaca

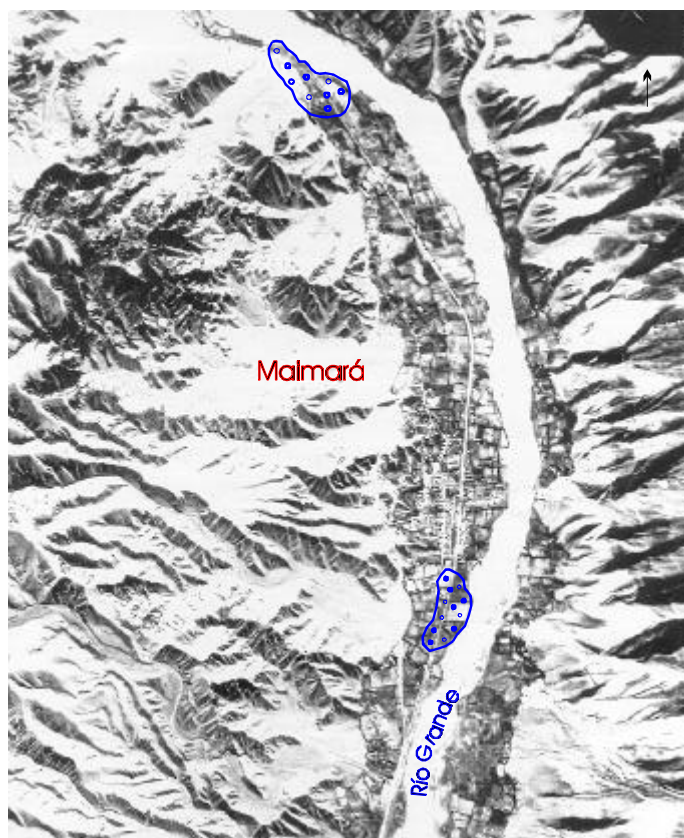
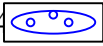


Figura N°14  Áreas anegables del pueblo de Maimará.

## REMOCIÓN EN MASA

La remoción en masa es uno de los procesos presentes en la Hoja, que abarcan mayor extensión de la misma. Gran parte de los mapeados sobre la quebrada de Humahuaca, fueron recopilados de trabajos anteriores, mientras que los de las Sierras de Tilcara, y áreas más al norte, fueron tomados de análisis de fotos aéreas y de trabajos de campo.

### *Factores*

Los factores preponderantes que *condicionan* los procesos de remoción en masa, son la litología, la estructura, meteorización, y el relieve.

De acuerdo a la **litología** presente, las pizarras y filitas por su foliación a lo largo de la esquistocidad, clivaje y fragilidad de los materiales, y la presentación en láminas de poco espesor, son las más vulnerables y se agrietan y desintegran fácilmente, por lo tanto solo son estables en taludes poco inclinados. Las cuarcitas y areniscas constituyen un material resistente que a veces posibilita taludes ergidos, sobre todo en los casos que se presentan en bancos de importante espesor. En algunos sectores del trabajo la estabilidad de las capas se ve disminuida por la intercalación de bancos de lutitas. En algunas de las Unidades sedimentarias (II) la presencia de lutitas es más abundante siendo poco frecuente la presencia de areniscas. Los grandes espesores de lutitas imprimen a la roca en general, friabilidad alta. Las areniscas rojizas (areniscas limolíticas) son muy friable por lo que no admiten taludes muy inclinados.

Dentro de las distintas **características estructurales** que puede presentar un macizo rocoso consideramos la disposición estructural regional, las diaclasas, las fallas y los pliegues. La estructura regional de la Cordillera Oriental y las Sierras Subandinas se caracterizan por la presencia de fajas meridianas constituidas por rampas de cabalgamiento con dirección de avance preponderantemente hacia el este, por lo que la inclinación mayoritaria de los estratos es hacia el oeste. Las diaclasas son uno de los factores condicionantes de inestabilidad de mayor importancia en la zona de estudio. Los diferentes juegos de diaclasas favorecen el desplazamiento a lo largo de las superficies limitantes, ya sea por presentar inclinación casi paralela a la pendiente o bien por que forman cuñas al interceptarse dos o más sistemas de diaclasas. Además de la orientación de las diaclasas, una característica que se debe tener en cuenta es el espaciamiento entre ellas. Las grandes fallas regionales y locales están asociadas a los movimientos sobre ladera mapeados. El gran esfuerzo tectónico al que fue sometido el macizo rocoso, motivo una gran trituración de la roca. También la descompresión por la exposición de materiales que estaban a una gran presión litostática, levantados por los cabalgamientos, favorece la rotura del material. Los pliegues son más frecuentes en las Sierras Subandinas que en la Cordillera Oriental. Los grandes pliegues como el de Valle Grande y el del Hornocal provocaron la diferencia de orientación de los estratos y los efectos de la compresión tectónica, favorecen deslizamientos.

Los factores *desencadenantes* son las lluvias torrenciales de recurrencia anual, el socavamiento de los ríos y la actividad sísmica; y en la áreas más pobladas, la actividad antrópica.

La acción destabilizadora del **agua** es importante debido a los diferentes estados en los que se presenta. En la época invernal es poco común la precipitación nívea en las zonas de mayor altura. Las acumulaciones de nieve producen sobrecarga, aumento del caudal de agua en la época de fusión y favorece la disgregación mecánica de las rocas. El agua de lluvia que se infiltra por las discontinuidades disminuye la resistencia a la rotura y además actúa como lubricante favoreciendo el deslizamiento. El resto del agua que no se infiltra se canaliza hacia zonas deprimidas, erosionando y transportando el material suelto sobre la ladera, favoreciendo la formación de torrentes de barro.

### *Distribución y consideraciones*

Entre los deslizamientos son preponderantes los de tipo rotacional sobre los traslacionales. Estos últimos dependen de la orientación de la estructura con respecto a la pendiente.

En general se presentan en litologías muy variada, aunque son muy frecuentes en las arcillosas (unidad Ia y IIa correspondientes la carta de unidades litológicas).

Algunos de los deslizamientos, terminan como flujos densos, debido al aporte de agua de los cauces que se encuentran al pie.

Ejemplos de deslizamientos se observan en la margen izquierda del Río Grande, frente al pueblo de Volcán, en la quebradas de Yacoraite, en la de Tilcara (Fig. N°15; Foto N°6), la de Purmamarca (Fig. N°16; Foto N°5) también se encuentran en la quebrada de Punta Corral y al sudeste de Zenta.

En las sierras que se encuentran en el límite de la Cordillera Oriental y las Sierras Subandinas, se observan gran cantidad de movimientos. Estos en su mayoría están asociados con las estructuras y fallas presentes, como en el área de Caspalá (Fig. N°17). Son muy antiguos, y algunos de ellos abarcan gran cantidad de superficie. Ejemplos de esto son los asociados al pliegue de Valle Grande, como el del noroeste de Valle Colorado, y el que se encuentra entre los ríos San Lucas y Duraznal (Pampichuela), que afectan una superficie aproximada de 1,3 km<sup>2</sup> y 21 km<sup>2</sup> respectivamente. (Fig. N°18 y 19)

Las avalanchas de detritos se encontraron con mayor frecuencia en el ámbito de las Sierras Subandinas, en laderas con pendientes muy elevadas, cubiertas de una densa vegetación, y donde la litología está meteorizada o poco consolidada.

Son fáciles de observar en el camino del Parque Nacional Calilegua, donde resalta la interrupción del color verde de la vegetación con los morados de la litología (Foto N°8).

Los flujos densos de mayor magnitud se presentan en las quebradas de los ríos tributarios al río Grande, los que varían según las áreas de aporte y la pendiente del relieve. También se encuentran en el Co. Huaira Huasi y en las Sierras Subandinas, combinados con los deslizamientos. Estos flujos, generalmente, se hallan encauzados en las estrechas quebradas.

Los fenómenos más recordados por los habitantes del pueblo de Purmamarca, comentados por ellos en el trabajo de campo son los siguientes:

\*En Febrero de 1960 entre las 16 y las 17 horas, aunque no había llovido en el pueblo, pero sí en las cabeceras de los ríos, se produjo un torrente de barro del río Purmamarca que llegó hasta la telefónica y el barro entró a las casas hasta un metro de altura.

\*Diez años después un domingo de carnaval de 1970, aproximadamente a las 19 horas, un torrente de barro, esta vez del Arroyo Tumbaya se llevó el cementerio entero, hasta la plaza del pueblo, dejando un paisaje desagradable de cruces y restos de tumbas por todo el pueblo. Tardó muchos días en secarse. En este caso había llovido también, un poco en el pueblo.

\*El 11 de Febrero de 1982, el río Purmamarca cortó el camino, se llevó animales y tapó casas. Era un Domingo a la noche y apenas había llovido. Murieron dos trabajadores de Ferrocarriles.

\*En 1983 se construyeron las defensas en el tramo del río Purmamarca que recorre el pueblo de oeste a este.

\*El 15 de noviembre de 1988 llovió arriba (en la montaña) y un torrente de barro en el Arroyo Coquena se llevó una tropa de animales. Los glaciares de roca se encontraron en las Sierras de Tilcara, en los alrededores del Chañi, y en la región que abarca el norte de Varas y Santa Ana. Estas áreas además presentan fenómenos de geliflucción.

Estos procesos son muy lentos y generalmente antiguos, pero no obstante se deben considerar en el caso de construcciones rígidas (Foto N° 9)

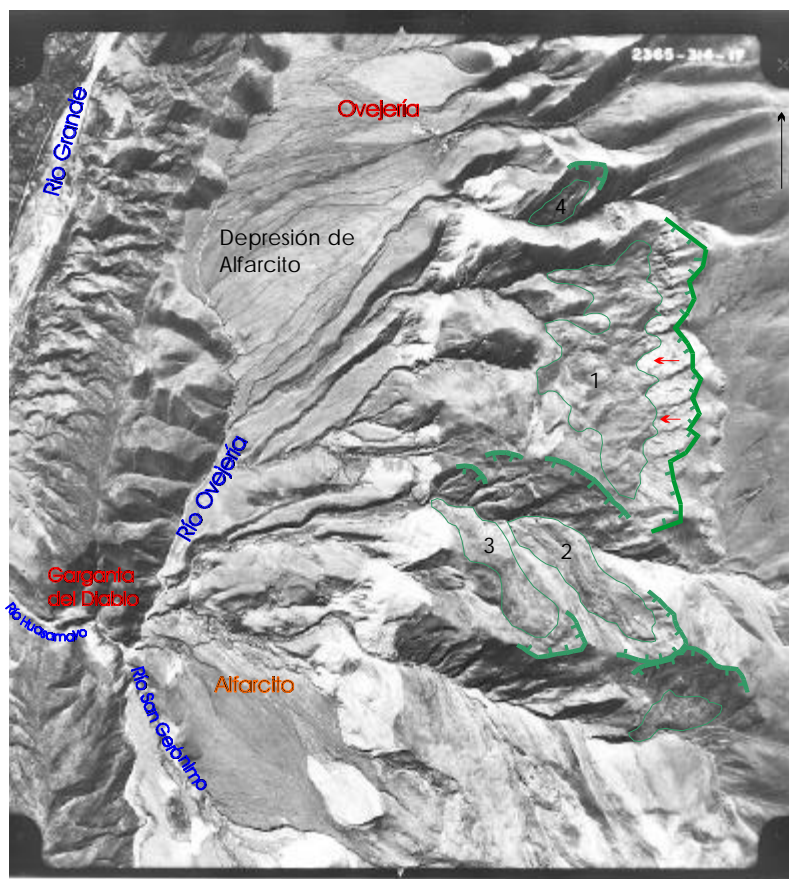





Figura N°15: Principales movimientos de remoción en masa al este de Tilcara.  
 Cicatriz del deslizamiento.  Material deslizado.  Dirección de movimiento.

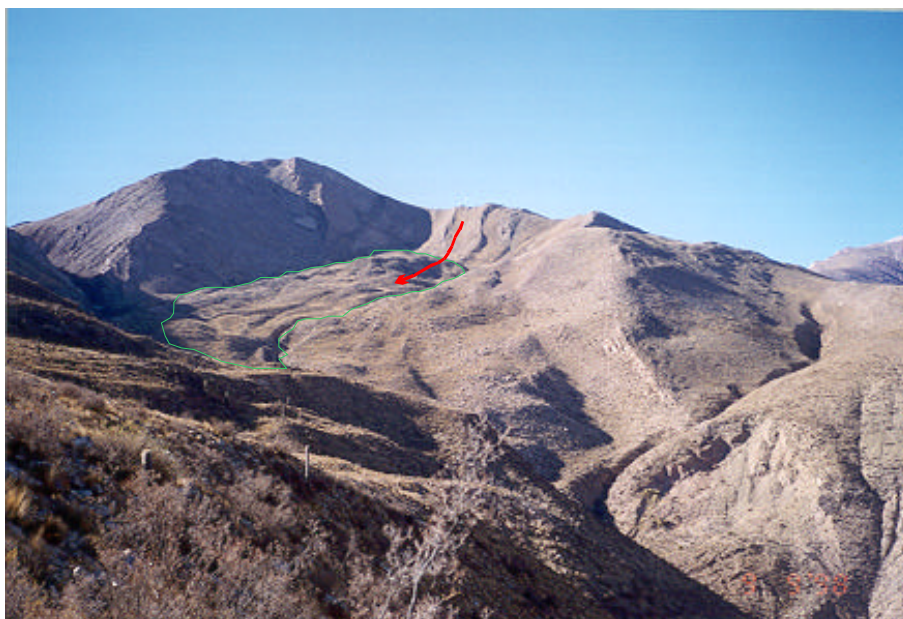


Foto N°6: Detalle del deslizamiento 2 de la Figura 15



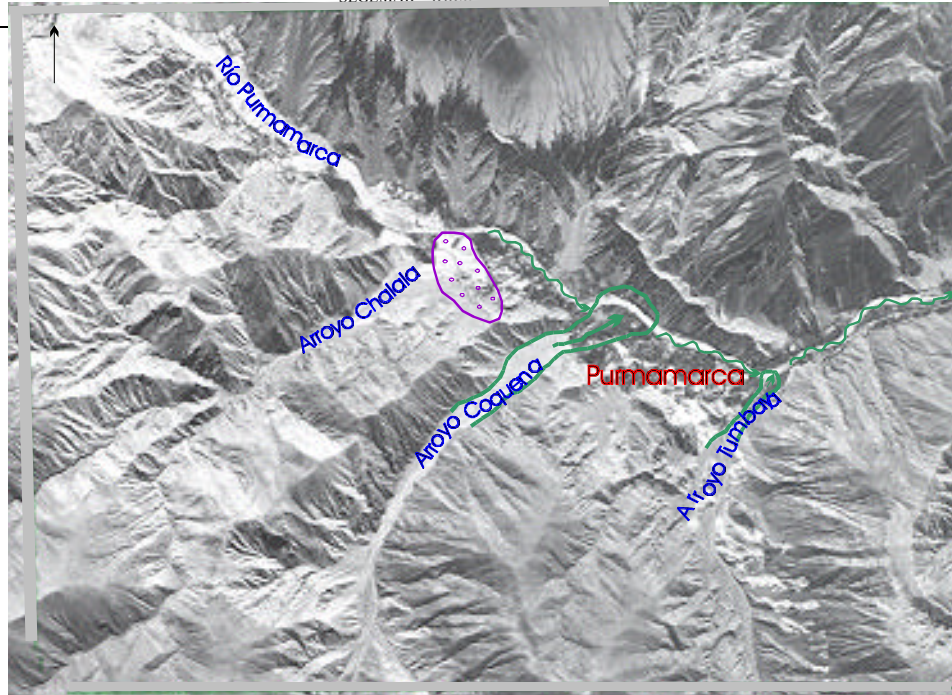


Figura N°16: Remoción en masa en Purmamarca.




-  Área de sedimentación frecuente por avance del abanico que forma el Arroyo Chalala.  Torrentes de barro.
-  Direcciones de flujo que afectan los alrededores de Purmamarca, encauzados por el Arroyo Tumbaya, Coquena y el río Purmamarca.



Foto N°6: Deslizamiento que afecta la ruta N° 52.

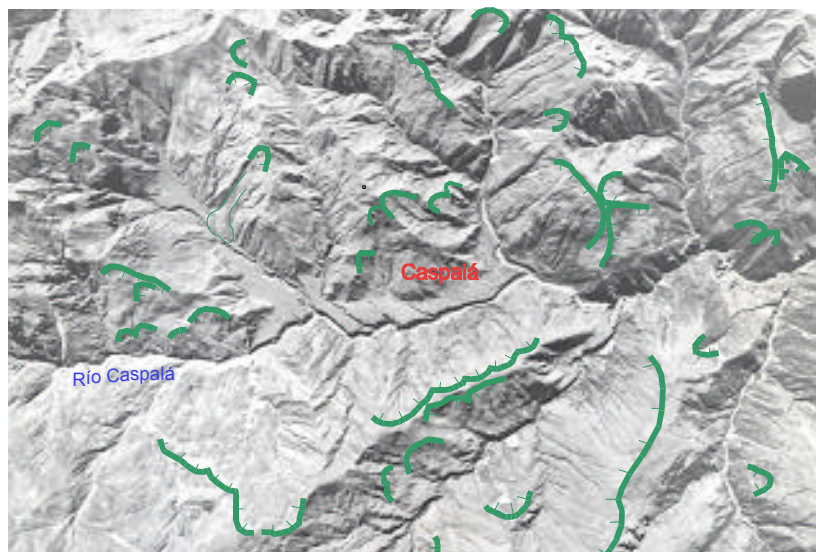


Figura N°17: Remoción en masa en la región de Caspalá.

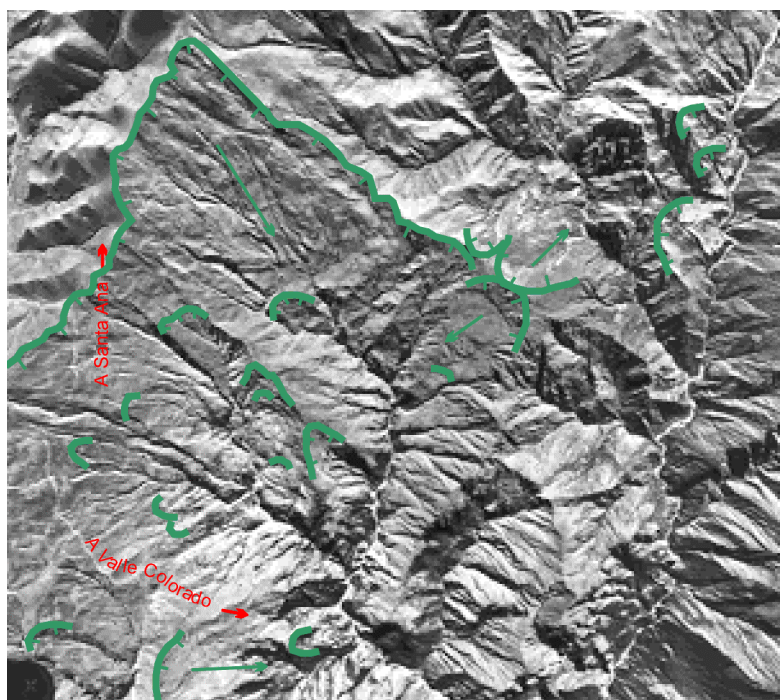


Figura N°18: Remoción en masa en Sierras Suabandinas, al noroeste del pueblo de Valle Colorado.



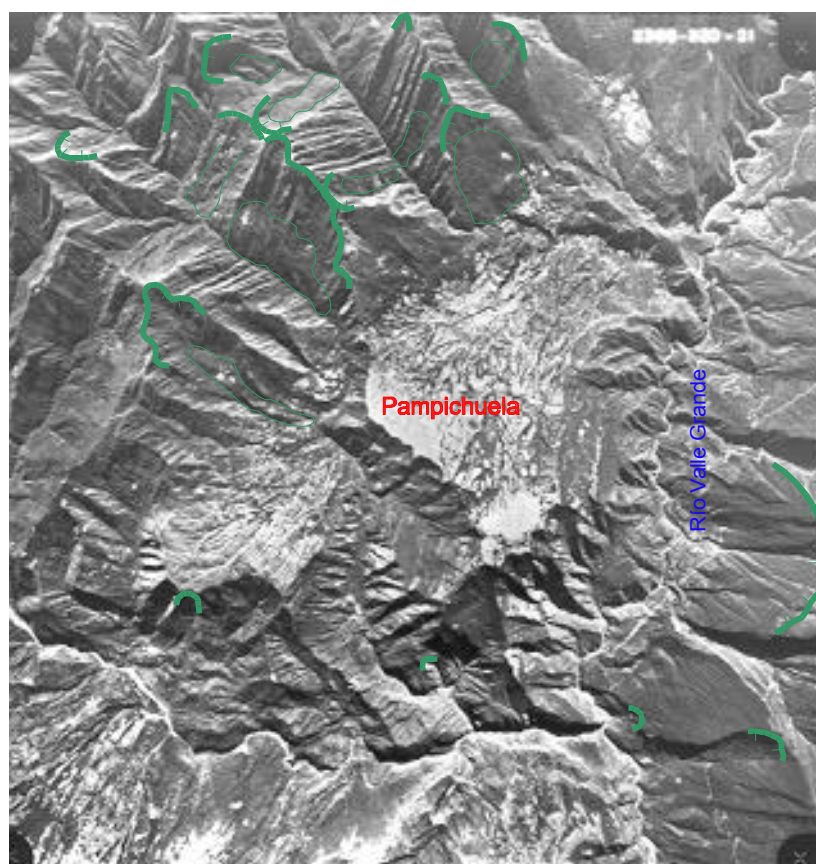


Figura N°19: Procesos de remoción en masa en los alrededores del pueblo de Pampichuela.





Foto N°7: Deslizamiento en la cuenca del arroyo Tumbaya Grande.



Foto N°8: Remoción en masa en el Parque Nacional Calilegua.



Foto N°9: Reptaje.

## SEDIMENTACIÓN

El proceso de sedimentación frecuentemente no se lo considera de peligrosidad; o se lo analiza conjuntamente con la erosión, como el fenómeno de erosión-sedimentación en su conjunto.

En esta área de estudio, la sedimentación ocupa grandes superficies (en áreas llanas), o forman grandes espesores (en sectores puntuales).

En este trabajo se analiza tanto la sedimentación fluvial como la eólica. Si bien este proceso es más lento (a comparación del resto) merece tenerse en consideración en el caso de proyectos de obras de infraestructuras. Para analizar medidas preventivas, generalmente no se necesitan mayores insumos, pero si prestarle atención al proceso para evitar consecuencias inesperadas.

La sedimentación eólica de mayor extensión, está asociada a las grandes superficies de la Puna, con amplias llanuras y gran circulación de vientos. El material preponderante es la arena de los grandes abanicos y la sal provenientes de las Salinas Grandes. También debe considerarse el depósito de cenizas volcánicas recientes que se analiza en el ítem de procesos volcánicos.

La sedimentación fluvial diferenciada en el mapa está asociada a la formación de grandes abanicos fluviales que abarcan grandes superficies de bajadas; además la acumulación de caudal sólido dentro de las planicies aluviales.

### *Factores*

Los factores que condicionan este proceso son la gran disposición de material suelto que es transportado y depositado con gran facilidad por los diferentes agentes, y que cubre amplias zonas llanas limitadas por cordones montañosos.

Los factores desencadenantes son climáticos. Por un lado las lluvias que favorecen el transporte del material hacia los ríos aumentando su caudal sólido; y por otro los fuertes vientos del Pacífico y los torbellinos locales que transportan y depositan el material fino.

### *Distribución y consideraciones*

La sedimentación fluvial, en el borde este de la Puna (extendiéndose más al este, por el sur de la Sierra de Aguilar), está formada por varias generaciones superpuestas de abanicos aluviales. Abarca gran superficie, aunque la actividad de los abanicos se encuentra reducida y/o inactiva actualmente.

En épocas de exceso de lluvias, algunos de estos abanicos se reactivan, agradando desagües y/o pequeños puentes construidos en épocas de sequías dejándolos inactivos (Foto N°10).

La gran disposición de material suelto, motiva que en una sola lluvia, pequeños abanicos aluviales, formen abanicos coalescentes. Como se observa en la Foto N° 11, una vivienda construida entre dos abanicos fue sepultada por el crecimiento de ambos.

El trazado de la ruta N°52 al Paso de Jama, presenta un terraplén que en sectores se ve superado por los depósitos de abanicos aluviales (Fig. N°16). Esta consideración se debería tener en cuenta en construcciones de rutas internacionales con gran tráfico comercial como la nombrada.

En Cordillera Oriental, la acumulación de mayor importancia se presenta en las planicies aluviales del río Grande y sus afluentes mayores.

El gran caudal sólido que depositan los ríos se distribuye hasta la desembocadura de los ríos de siguiente orden, en grandes abanicos. Algunos ejemplos se observan en Tilcara, Maimará y Tumbaya (Figs. N° 20; 21; 22). En algunos tramos de los ríos (sobre todo cuando atraviesan áreas ocupadas por el hombre) se han construido defensas de hormigón o de apilamiento de gaviones, de alturas considerables. Esto provoca un

aumento de la sección vertical del cauce del río que favorece la acumulación de sedimentos. En el caso de Humahuaca, Purmamarca y Colonia San José la cota del pueblo se encuentra por debajo de la cota del río (hasta más de 1 metro de diferencia). Esto motiva a su vez una peligrosidad asociada. Al aumentar el caudal del río y producirse un desborde, las aguas inundarían con facilidad los terrenos mucho más bajos, ocupados por viviendas y sembradíos.

En el ambiente de Sierras Subandinas, las planicies aluviales que muestran mayor sedimentación, son las de los ríos San Andrés, Naranjo y Redondo (al norte) y los ríos Ledesma y San Lorenzo (al sur).

La sedimentación eólica es de consideración en el límite entre la Puna y la Cordillera Oriental. En los meses de julio y octubre, el viento supera los 40 km/h, hasta llegar a los 90 km/h. (Igarzabal y Rivelli, 1996). Este fenómeno sumado al calentamiento de la arena de los abanicos que llegan a la depresión, genera torbellinos. Por deflación, las superficies más finas proveen partículas que generan un polvaredal blanco.

El espesor del manto de arena aumenta en el pie de la Sierra, llegando a enmascarar afloramientos rocosos. En su dirección hacia el este, la arena forma dunas trepadoras sobre la ladera de la Sierra Alta, y luego un manto de acreción de arena más fina. Los autores antes mencionados, consideran que en el Holoceno, este proceso fue vigoroso y persistente, aunque hoy se encuentra en decadencia.

En 1993 los vientos provenientes del Pacífico depositaron en el área suroeste de la Hoja, cenizas volcánicas de la última actividad del Volcán Lascar en Chile. Este proceso se amplía en el ítem de procesos volcánicos.





Foto N°10: Puente sepultado por abanico aluvial en el límite entre la Puna y la Cordillera Oriental aledaño a Rincón Angosto.



Foto N°11: Vivienda sepultada por coalescencia de abanicos aluviales al oeste de Purmamarca.

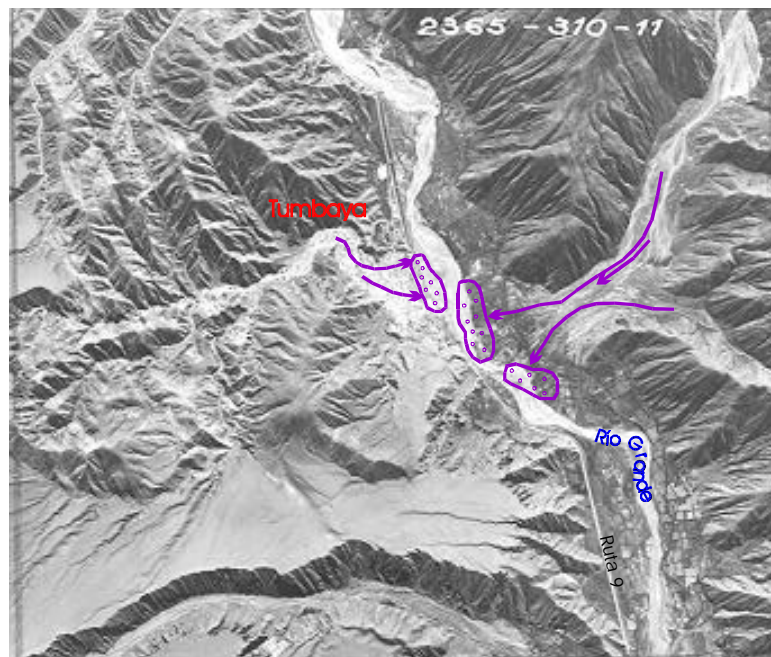


Figura N°20: Sedimentación en Tumbaya.

→ Dirección de avance de los abanicos  
○ Áreas de sedimentación

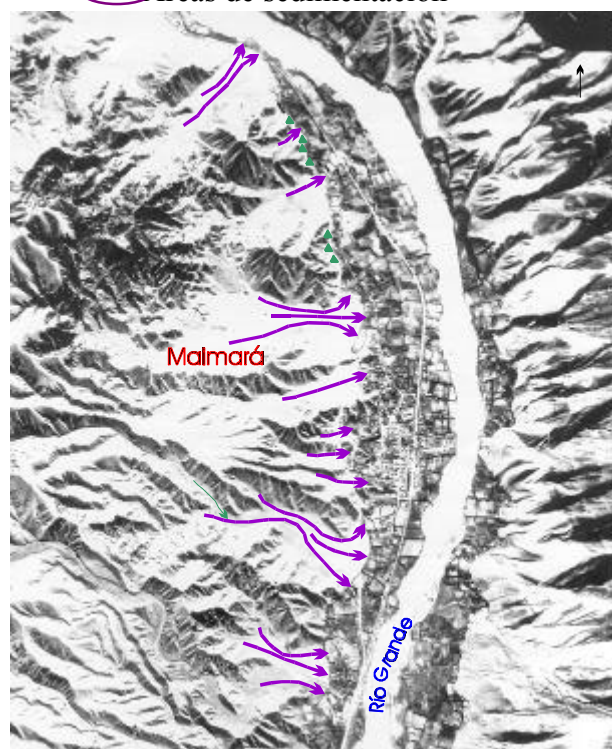


Figura N°21: Sedimentación en Maimará.

→ Dirección de avance de los abanicos



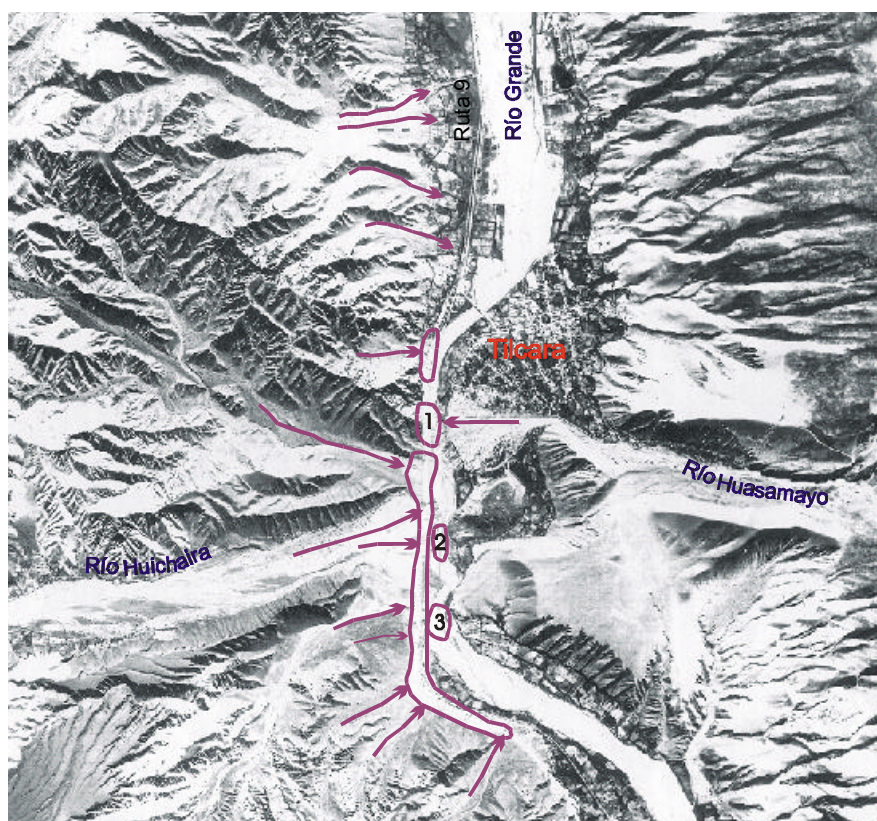


Figura N° 22: Sedimentación en los alrededores de Tilcara.

- Dirección de avance de los abanicos.
- Áreas de corte de ruta por sepultamiento.
- 1-2-3- Sectores de probabilidad de endicamiento.

## PROCESOS GEODINÁMICOS INTERNOS

### SISMOS

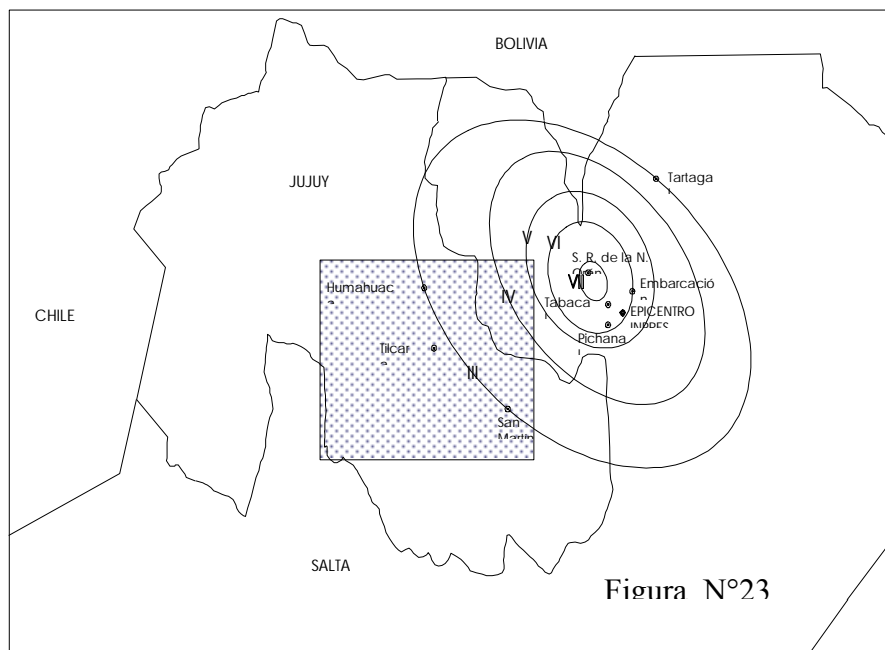
Los sismos, por su efecto rápido, impredecible y la envergadura de los daños, es considerado de gran importancia. Si tenemos en cuenta que la recurrencia de este proceso es poco frecuente, en muchos casos los efectos son claramente menores a los producidos en forma acumulativa y recurrente, por otros procesos geológicos.


Los eventos importantes más cercanos son los de la Ciudad de Orán (22/10/1871; 06/07/1974; 17/08/1974), al noreste del área de estudio (Figura N°23 modificado del INPRES 1977), y los sucedidos el 26 de agosto de 1948, que afectó gran parte de las provincias de Salta y Jujuy (ver ficha inventario de sismos N° 002).


El área es una zona sísmicamente activa, por lo que se debe tener en cuenta previamente a la realización de obras y/o actividades.

La sismología presente en el área es de gran consideración; contiene líneas con valores entre 200 y 350 de aceleración máxima instrumental con el 10% de probabilidad de excedencia en 100 años (INPRES). Existe además una distribución de epicentros con mayor presencia en la Puna y las proximidades de Valle Grande, con magnitudes entre 4 y 7 de Richter (Figura N°24). No se han encontrado datos bibliográficos directos asociados a procesos sísmicos en el área, excepto el sismo registrado en el pueblo de San Francisco, en el valle del río Valle Grande. Este evento fue registrado por el diario Clarín en Enero de 1994, con un grado 3 de la escala de Mercalli modificada, no siendo este el de mayor intensidad del área (según lo recogido de los datos del INPRES).

Según el mapa de zonificación sísmica de la República Argentina realizado por el INPRES (1996), el área de estudio pertenece a la Zona 3 de peligrosidad sísmica elevada con 0,25g de aceleración del suelo.

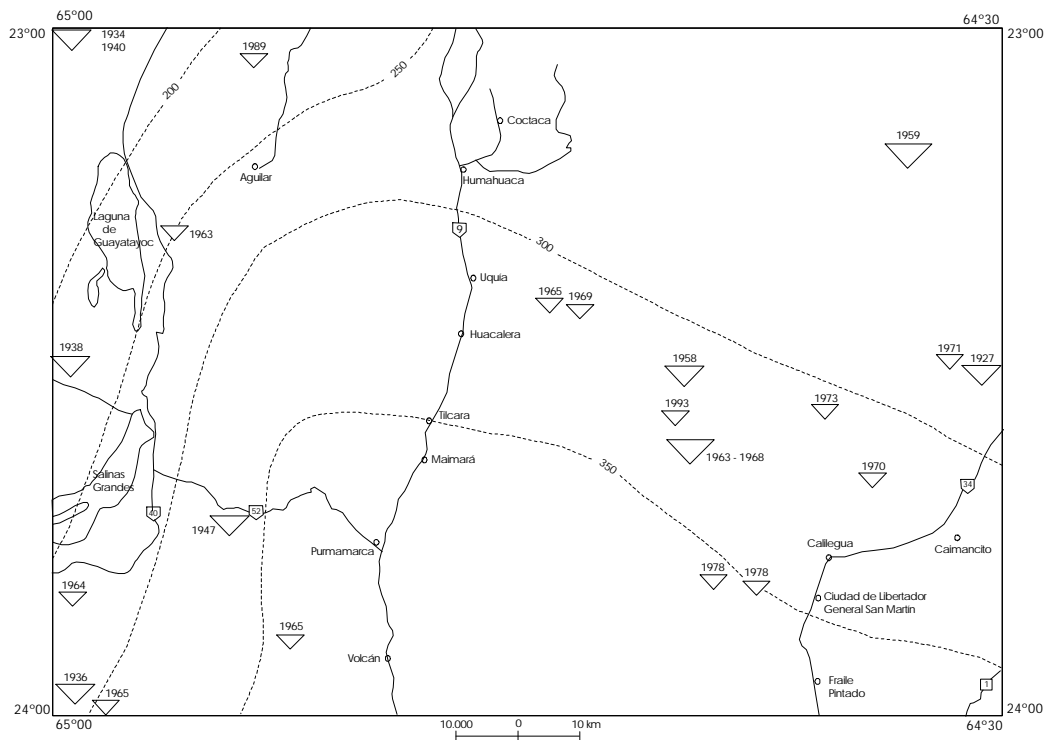


 Area de estudio

 Curvas isosistas para el sismo del 17 de Agosto de 1979.



## ESQUEMA DE SISMICIDAD



### REFERENCIAS

- Año del terremoto  
 Curvas de aceleración instrumental de pico más probable para un período de retorno de 100 años

Figura N° 24

### Magnitud

4,1 a 5	
5,1 a 6	
6,1 a 7	

FECHA	HORA	PROFUNDIDAD	MAGNITUD
1863/01/14	11 00 00	30	6.4
1927/06/13	22 12 00	-	5.9
1934/03/24	22 52 46	270	5.8
1936/11/07	05 07 30	200	5.8
1938/04/24	14 10 58	180	6.0
1940/03/24	11 48 39	280	5.8
1947/06/11	06 26 12	-	5.1
1958/10/11	14 37 42	200	6.0
1959/05/12	09 46 55	100	6.8
1963/11/27	07 41 01	164	4.5
1964/03/17	07 41 04	076	4.1
1965/06/23	00 28 04	033	4.5
1965/08/05	21 56 45	206	4.1
1965/10/26	19 31 44	221	4.2
1968/01/28	15 19 53	068	4.4
1969/05/01	14 24 49	094	4.2
1970/12/08	02 23 45	033	4.7
1971/04/09	15 03 04	056	4.5
1973/09/08	00 15 14	058	4.3
1978/06/26	07 21 22	039	5.0
1978/12/26	01 40 33	045	4.5
1989/09/29	14 41 25	289	4.5
1993/12/16	05 30 26	060	4.3

Los factores que influyen en los daños son la intensidad del sismo; la calidad de las construcciones (la mayoría de las viviendas son de adobe); estabilidad del sustrato (se debe tener en cuenta que la mayoría de los pueblos están sobre materiales poco consolidados, dado que corresponden a terrazas y abanicos aluviales).

## VULCANISMO

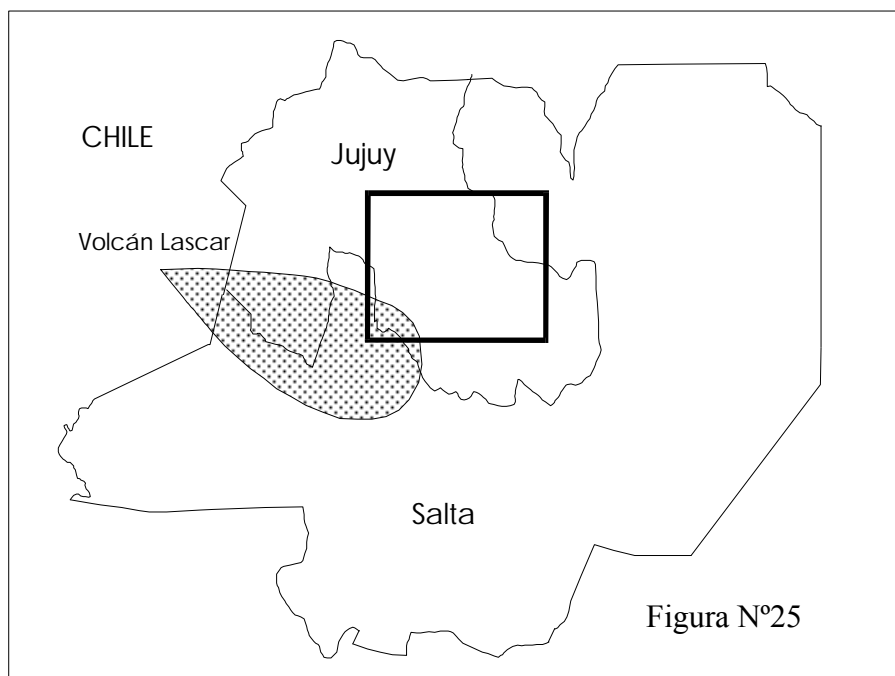
La actividad volcánica en el área es precuaternaria, sin embargo existen volcanes activos, que aunque se encuentren lejos, sus productos llegan por transporte eólico. El volcán más cercano

que afectó la zona, es el Lascar, que se encuentra en territorio Chileno.

En las erupciones mayores como la de Abril de 1993, los fragmentos de pómez y líticos mayores cayeron en las cercanías del Volcán, mientras que los materiales más finos fueron transportados por la pluma a grandes distancias, alcanzando hasta la costa atlántica, a 1800 km en dirección al E-SE controlada por la dirección de vientos predominantes.

Según el trabajo realizado por Viramonte, et al. (1996), la pluma de 0.1 cm, ha llegado hasta la Hoja en estudio, al sudoeste en la depresión de las Salinas Grandes (Fig. N°25).

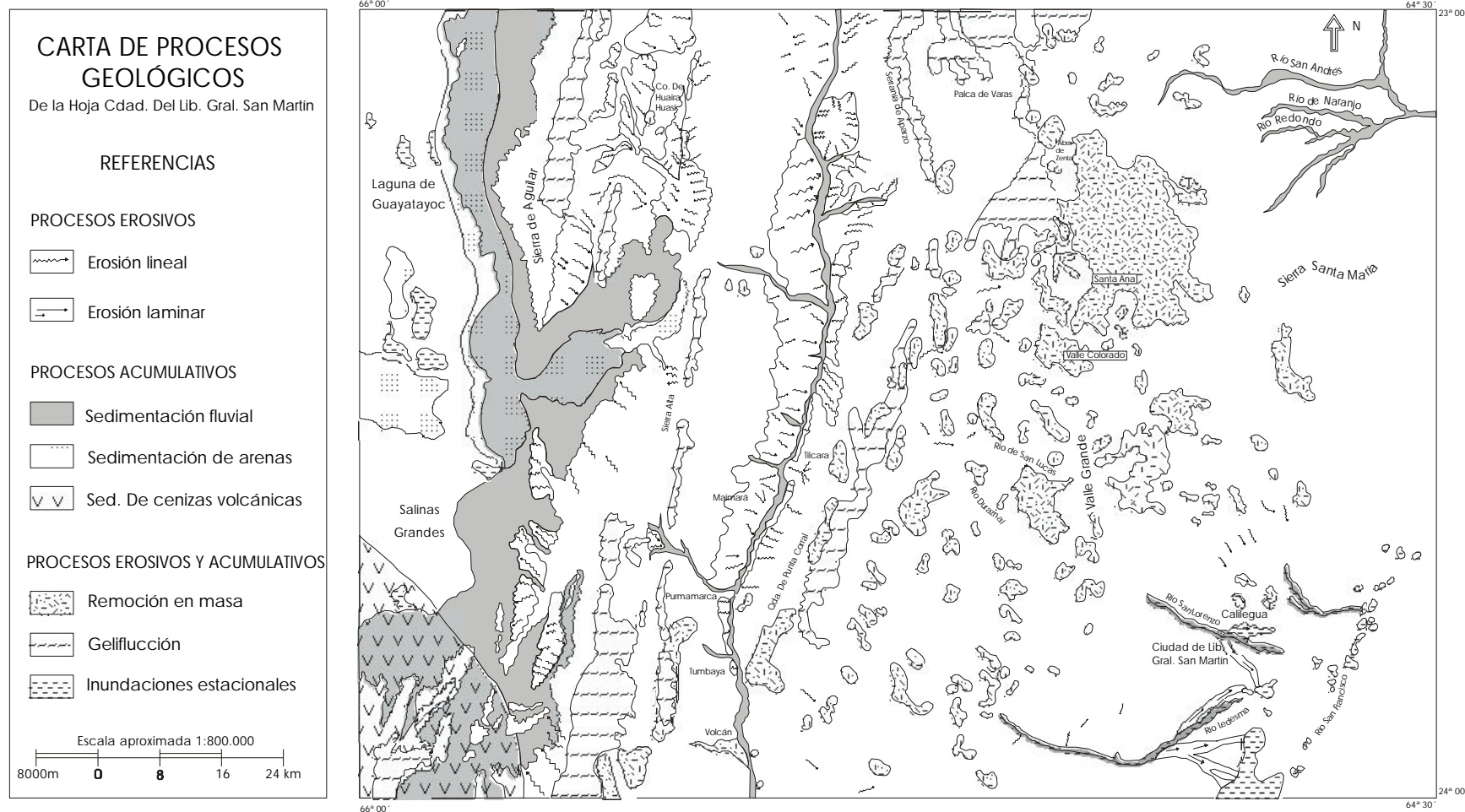
En el estudio de la evaluación del riesgo volcánico realizado por Gardeweg (1994), se califica a este volcán como de alta peligrosidad, pero de bajo riesgo, debido al lugar en el que se halla emplazado. Sugiere que un volcán, aunque esté en una región remota, igualmente afecta al hombre la caída de cenizas, alteraciones físico químicas del agua (Aredes, 1995), contaminantes gaseosos, y en casos extremos, alteraciones climáticas.



● Área de depósitos iroclásticos de Abril de 1993. Isopaca de 0.1cm  
Modificado de Viramonte, et al. (1994)

□ Área de estudio





## CRITERIOS PARA LA EVALUACIÓN

Se realizó una zonación de peligrosidad geológica, alejada de la subjetividad de los autores. Para su evaluación se tuvieron en cuenta los procesos geológicos antiguos y actuales y sus factores condicionantes y desencadenantes, y las frecuencias de estos últimos. Debido a la gran cantidad de información disponible que fue recopilada, y además completada en tareas de gabinete y campo se logró una clasificación que pondera la cantidad y tipos de procesos ocurridos y la recurrencia de los mismos.

A partir de un detallado mapeo de los procesos geológicos presentes en el área de génesis fluvial, eólica, glaciaria, sísmica, volcánica y de remoción en masa, y de las características hidrográficas, climáticas, litológicas, estructurales y tectónicas, se subdividieron siete áreas.

La nominación de las áreas se realizó considerando la definición utilizada de Peligrosidad y la adaptación de la leyenda utilizada por Corominas, J. (1986) en Cataluña.

Debido a la variada gama de acepciones de la definición de Peligrosidad Geológica, es útil aclarar que se ha utilizado el concepto expresado por Varnes (1984) que considera la *probabilidad de ocurrencia dentro de un período determinado y en un área específica, de un fenómeno potencialmente perjudicial*.

Para la delimitación de áreas se utilizó el mapa de procesos geológico, el litológico y estructural, geomorfológico, y topográfico.

El cálculo de recurrencia de los procesos y de los daños que producen, por ejemplo las inundaciones se obtuvo a partir de los datos de precipitaciones (ver capítulo de clima).

La empresa Ledesma S. A. realizó un estudio estadístico de los eventos en los cuales los ríos que recorren el área de su propiedad, salían de su cauce y provocaban inundaciones. A partir de este estudio, se nos informó que se han detectado recurrencias de 5, 10 y 100 años, para las inundaciones.

Cada una de las áreas del mapa se han coloreado con los códigos convencionales (verde, amarillo y rojo) cuantificando de alguna manera el grado de peligrosidad.

Zonación de áreas de Peligrosidad de mayor a menor grado:

*Área con ocurrencia de por lo menos tres procesos potencialmente perjudiciales, y por lo menos uno de ellos presenta una recurrencia anual.*

Esta área coincide con gran parte de la Quebrada de Humahuaca, fisiografía con una dinámica geomorfológica muy intensa.

En el sector que comprende el valle del río Grande, su planicie aluvial, terrazas, y laderas marginales ocurren procesos geológicos muy activos como la sedimentación y erosión fluvial, remoción en masa de distintos tipos, e inundación. Los procesos de remoción en masa, ocurren cada año en la época estival cuando las lluvias son torrenciales. La recurrencia de uno de los procesos es el factor que se utilizó para separarlo de otras áreas donde también existen variaciones de procesos, pero su recurrencia es menor.

La cuenca del río Grande drena una región de aproximadamente 7.250 km<sup>2</sup>, recibe más de sesenta afluentes de gran longitud, siendo el diseño de drenaje más denso en la margen derecha. La sedimentación normal aumenta con la presencia (al sur del área estudiada) de un dique colmatado, que varió el nivel de base local. Otros puntos donde varía el nivel de base son en el Angosto de Yacoraite, el de Perchel, en Tilcara y en Volcán.

En contraposición con este proceso, existe erosión lateral del río Grande sobre sus márgenes en los sectores donde existen terrazas o sobre los espesos abanicos que forman sus afluentes.

Uno de los sectores donde se observa más desarrollado este fenómeno es en el pueblo de Volcán donde se ha calculado una gran pérdida de superficie de terreno ( $86.400\text{m}^2$ ).

El río transporta  $3.955.800\text{ m}^3/\text{año}$ , y Yanes (1987) ha calculado una pérdida anual de 3.400.000 toneladas anuales y la erosión del río Grande sobre sus márgenes es el 10 % del total.

Los procesos de inundación suceden como consecuencia del aumento del caudal de los ríos por el exceso de las lluvias. Existen áreas bajas con igual o menor cota que la planicie de inundación del río que tienen gran facilidad para la invasión de las aguas. Ejemplos históricos se han producido en Humahuaca (1984: 1985), Colonia San José (1984:1987), Volcán (1945) y Maimará (1987).

Los procesos de remoción en masa presentes son, según la frecuencia y magnitud de los mismos, las avalanchas de detrito, los flujos densos y los deslizamientos.

Las avalanchas de detritos se producen en laderas altas, con pendientes elevadas y macizo rocoso altamente meteorizado y/o poco consolidado (laderas de pizarras y filitas entre Purmamarca y Maimará). También se pueden observar en las áreas de bad lands que se generaron sobre los potentes depósitos cuaternarios.

Los flujos densos se encuentran en casi la totalidad de las quebradas tributarias al río Grande, dependiendo su magnitud de las áreas de aporte y de la pendiente de las mismas. El caso más estudiado es el del torrente de barro del Volcán, pero también han existido debris flow en el arroyo Tumbaya Grande, en el río Purmamarca, en el arroyo Huasamayo, arroyo Incahuasi, entre otros.

Se resalta que en ningún caso se han considerado el daño producido sobre la presencia de infraestructura, vidas, y/o actividades antrópicas en general. En este caso (como en muchos otros) coincide que, en las zonas de gran dinámica geomorfológica se establecen los pueblos, pero aunque no existieran igualmente sucederían los procesos geológicos.

*Área con ocurrencia de por lo menos tres procesos potencialmente perjudiciales, y que por lo menos uno de ellos presenta recurrencia de cinco años.*

Este sector coincide con el valle del río San Francisco, incluyendo los principales afluentes como los ríos San Lorenzo, Ledesma y Candelaria que se encuentran en la Hoja de norte a sur.

Los procesos presentes son erosión fluvial laminar o en manto, erosión lateral, inundación, sedimentación fluvial y eólica

La erosión en manto se observa con gran facilidad en las fotografías aéreas, coincidiendo estas zonas con antiguas cauces de estos ríos sobre las grandes bajadas que ellos mismos han formado, en los sectores donde las pendientes son mayores al 2 %.

La erosión lateral se observa en la margen convexa de los meandros muy encajonados sobre los depósitos cuaternarios de las bajadas, presentes en los afluentes del río San Francisco.

La sedimentación fluvial se encuentra en el río principal el cual presenta una gran carga sólida, estos depósitos tapan los canales de riego y cubren las sendas de transporte de caña y fruta.

Las áreas de inundación coinciden con las zonas bajas (en la planicie aluvial) en las cuales divagan los ríos, o con los frecuentes meandros abandonados que se han mapeado en las fotos aéreas de 1968 y que en la imagen satelital TM de 1986 ya están ocupados por las aguas.



Estudios realizados por la Empresa Ledesma S.A., muestran que las crecidas de los ríos que provocan inundación en gran parte de las áreas de su propiedad, coinciden con exceso de precipitaciones con recurrencias de 5, 10 y 100 años. Esta última máxima se produjo en 1980 con grandes daños en el camino, canales y tierras de cultivos.

*Área con ocurrencia de por lo menos dos procesos activos y /o potenciales de pequeña magnitud o activos de gran magnitud localmente sin perjuicio.*

Estas zonas están más distribuidas en la totalidad del territorio que ocupa la Hoja. Los procesos que se conjugan en estas son los de remoción en masa, gelifluxión, y saltuariamente se mapearon algunos procesos de erosión lateral.

El proceso de remoción en masa que se presenta con más frecuencia son las avalanchas de roca, los deslizamientos y los flujos y glaciares de roca.

Al oeste de la Quebrada de Humahuaca, estos procesos, se encuentran coincidiendo con las áreas modeladas por la acción glaciaria, o en laderas que presentan pendientes empinadas y con macizos rocosos muy alterados, o con intercalación de materiales muy finos que favorecen el deslizamiento. Estas zonas se encuentran en la sierra que se halla inmediatamente al oeste de la Quebrada de Humahuaca, y son una de las fuentes de aporte de materiales a los flujos de Volcán, Tumbaya y Purmamarca.

Las áreas que se encuentran al este de la Hoja, presentan procesos que están más generalizados y coinciden con sectores muy tectonizados, se presentan en litologías muy deleznales, ya sea por la naturaleza de la litología o por la tectonización que han sufrido. Ejemplo de esto se pudo observar en los alrededores de los pueblos de Santa Ana, Valle Colorado y en el Parque Nacional Calilegua, entre otros.

Los procesos glaciarios se observan en las laderas de más de 4000 m, son procesos de gelifluxión. Si bien este proceso no produce rápidas modificaciones del terreno, abarcan grandes superficies de material suelto que es fácilmente incorporable a otros procesos más violentos. Como se ha comentado, las condiciones de alturas en las que se presentan, y en áreas muy alejadas de la actividad humana, hacen que generalmente no se puntualice en su consideración. Como ha ocurrido en la traza actual del gasoducto que se está realizando en parte por esos lugares, por lo que debería tenerse en cuenta la probabilidad de que la reptación afecte la estructura semirígida de los caños de los ductos.

*Área con ocurrencia de un proceso generalizado, con perjuicio leve.*

Estos sectores son afectados por procesos que abarcan grandes superficies, pero que la magnitud del daño es muy leve. Coinciden en este caso con fenómenos de sedimentación eólica o fluvial, de arenas o cenizas, y de erosión (carcavamiento).

La sedimentación fluvial que se consideró es la de los grandes abanicos y bajadas que descienden desde la Cordillera Oriental hacia la Puna (en dirección este – oeste). La sedimentación eólica de arenas y cenizas volcánicas presenta una dirección oeste – este. Si bien el perjuicio de este proceso es leve, es de consideración en el momento de realizar algunos emprendimientos, por ejemplo el trazado de un camino donde debe realizarse con terraplén elevado lo suficiente para que no se cubra con frecuencia, y estabilizarlo en los sectores que atraviesa mantos de arena móviles.

El carcavamiento se produce en los materiales más deleznales (arcillas, limos y arenas poco consolidadas: Unidad litológica Ia, y areniscas, tobas y tufitas: unidad litológica IIa). Al proyectar el trazado de alguna obra de infraestructura, se deben tener en cuenta la acción de grandes superficies de carcavamiento (considerar la colocación de drenes, estabilizadores, etc.).

*Área con ocurrencia de un proceso local y/o de pequeña magnitud.*

Estas zonas se encuentran muy localizadas en la unidad litológica IIa (areniscas arcillosas, tobas y tufitas) donde se pudieron relevar avalanchas de rocas, que coinciden con laderas desestabilizadas antrópicamente.

Se correlaciona con el *Área potencial de ocurrencia de procesos que constituyan perjuicio*, pero la diferencia radica en que los procesos son activos, debido a la acción de un factor desencadenante.

Estas avalanchas se reactivan con las lluvias torrenciales, impidiendo la circulación por las sendas. Una de ellas pertenece a la Empresa Petrolera Río Colorado, que se encuentra actualmente en período de perforación y tiene graves problemas para ingresar al pozo, desde la Ruta Nacional 36.

*Área potencial de ocurrencia de procesos que constituyan perjuicio.*

Estas zonas, son en las que no se han detectado ni en foto aérea ni en el campo, procesos activos o antiguos, pero los factores condicionantes como litología y pendiente, son muy relevantes, y solo falta que existan los factores desencadenantes (sobre todo de naturaleza antrópica), para que el proceso se constituya en un peligro.

Áreas con iguales características, en zonas donde el hombre ha intervenido en su desequilibrio (sobre todo con desmontes para caminos) se ha observado que se producen fenómenos de remoción en masa. Un ejemplo de esto se puede citar en el camino que une al pueblo de Tiraxi con el Barrio Chijra (al sur de la Hoja), el cual atraviesa una unidad litológica que presenta una composición altamente arcillosa, y los pobladores de ese pueblo, en la época de lluvias, quedan totalmente aislados (ver Ficha Inventario N°007).

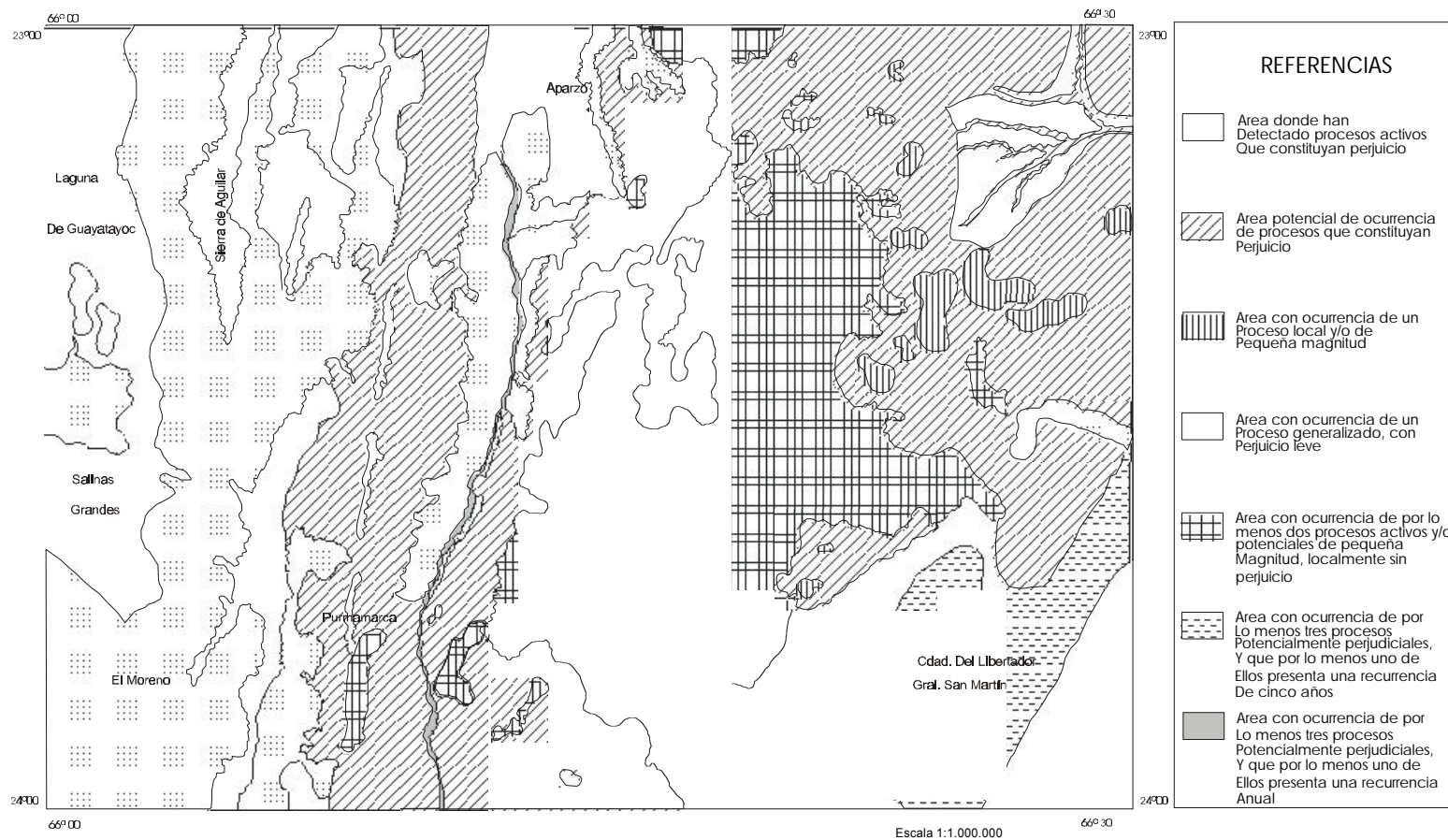
Otro ejemplo es el deslizamiento que se encuentra afectando el tramo de la Ruta provincial 52 (Purmamarca – Susques), al oeste del Abra de Lipán.

*Área donde no se han detectado procesos activos que constituyan perjuicio.*

En gran parte estas superficies coinciden con áreas de baja pendiente a planas, o bajas alturas, o de macizos rocosos resistentes, y donde la red de drenaje no es importante.

Los procesos no detectados, no implican su no-existencia. Para esta área fundamentalmente, como para las demás, no hay que dejar de considerar la escala de este trabajo la cual es muy general y ante cualquier emprendimiento de ocupación del territorio, es aconsejable la realización de estudios puntuales.

## CARTA DE PELIGROSIDAD GEOLÓGICA DE LA HOJA 2366-IV



## COMENTARIO ACERCA DE LAS PÉRDIDAS ECONÓMICAS

El cálculo de las pérdidas económicas producidas por los procesos geológicos si bien no es objeto de este trabajo, se incluye en este informe debido a la existencia previa de la misma. Este es un paso necesario para que una evaluación económica del daño sumada a la Peligrosidad geológica del área nos dé las pautas iniciales del mapa de riesgos geológicos de la misma.

Se adaptó e interpretó la información realizada en 1987 por el "Programa Nacional para la conservación de la Infraestructura" dentro del Proyecto MOSP - PNUD. Los informes realizados para tal Programa en su mayoría por profesionales de la Facultad de Filosofía y Letras de la UBA, aportan datos que creemos de interés citar.

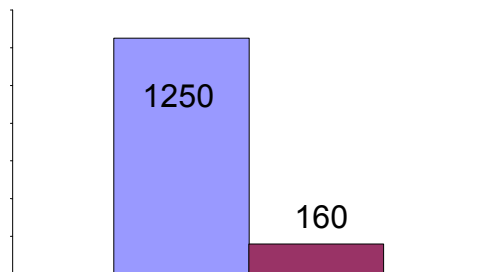
El área de estudio se circunscribe a la Cuenca del Río Grande, para procesos en el período de 1984 y 1985.

De las conclusiones relacionadas a los impactos de los fenómenos naturales sobre la infraestructura del río Grande, rescatamos las siguientes:

- Las erogaciones incurridas por los organismos y empresas involucradas, tan solo en concepto de reparación y/o reposición de la infraestructura pública nacional y provincial dañada, resultaron del orden de los 11,5 millones de dólares (esta cifra es solo una aproximación parcial).
- Los sectores mayormente afectados por tales fenómenos fueron el de transporte y el hidráulico (Ferrocarriles Argentinos y Dirección Nacional de Vialidad concentran el 79% del gasto incurrido en la cuenca por la totalidad de las entidades analizadas). La Dirección Nacional de Vialidad debió invertir unos 1,9 millones de dólares en tareas de reconstrucción de alcantarillas, defensas y obras de arte, construcción de variantes, limpieza de cauces, etc. La Dirección de Agua Potable y Saneamiento y de Hidráulica de Jujuy realizó inversiones en concepto de reparaciones y/o reposiciones del orden de los 1,7 millones de dólares.
- La recurrencia de los impactos a estos tipos de infraestructura tiene efectos derivados sobre el nivel de prestación de los servicios de provisión de agua potable y para riego.
- Los daños ocurridos a las redes ferroviarias y vial, y a las obras hidráulicas, produjeron perjuicios económicos a los prestatarios y usuarios de los servicios que se ofrecen a través de su utilización. En este sentido, se estimaron pérdidas del orden de los 2,6 millones de dólares (30% de las erogaciones e infraestructura de transporte) tan solo en concepto de interrupciones del transporte de cargas y pasajeros.

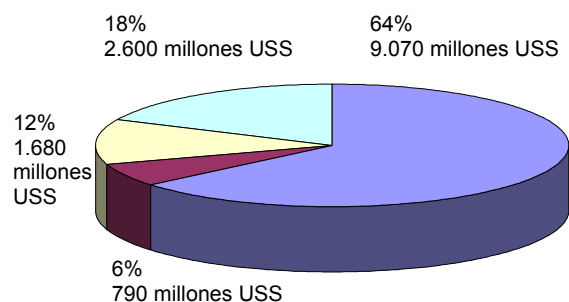
**Costo de impacto sobre la actividad del transporte . 1985.  
(miles de dolares).**

**Costo para Ferrocarriles Argentinos**



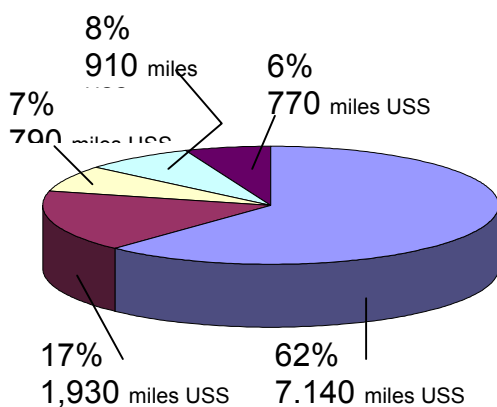
- Pérdida de Fletes por suspensión definitiva del viaje
- Pérdida por suspensión temporal y derivación del viaje al modo alternativo

**Costos de impactos sobre la infraestructura y servicio de transporte en la cuenca del río Grande 1984-1985**



- Infraestructura Provincial de transporte
- Infraestructura Provincial de Obras Hidráulicas
- Servicio de transporte
- Infraestructura Nacional de transporte

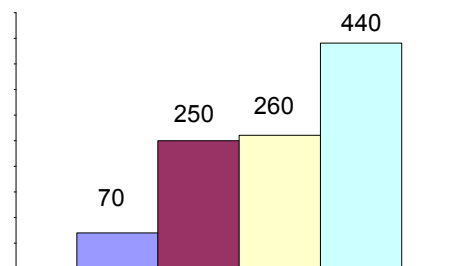
**Costo de impactos a la infraestructura discriminado por organismos. 1984-1985**



- Dirección de Hidráulica de Jujuy
- Dirección Nacional de Vialidad
- Dirección Provincial de Vialidad
- Ferrocarriles Argentinos
- Dir. De Agua Potable y Saneamiento de Jujuy

**Costo de impactos sobre la actividad del transporte . 1985.  
(miles de dólares)**

**Costo para el usuario de Ferrocarriles**



- Costo de oportunidad de mercadería retrasada en el modo ferroviario
- Pérdida de fletes. Alteraciones en el costo de transporte por diferencia tarifaria.
- Costo de oportunidad de mercadería retrasada en el modo automotor
- Reducción del valor de la mercadería



## BIBLIOGRAFÍA

Agüero, P. N., 1986. Comentarios acerca de la erosión hídrica en la quebrada de Humahuaca. Revista Proyecto Centro de ingenieros y Agrimensores de Jujuy. Año 1 N°1:14-21. S. S. De Jujuy.

Aredes, S., 1995. Cambios en la calidad físico - química del agua debido al aporte de cenizas volcánicas. Laboratorio de Medio Ambiente. Ministerio de Salud Pública de la Provincia de Salta. Informe inédito. Salta.

Barros, E., 1978. El sismo de San Ramón de la Nueva Orán, provincia de Salta, ocurrido el 17 de Agosto de 1974. INPRES. Revista N°3. 2° Edición. 27-54. San Juan.

Brandan, E. M. y V. O. Viera, 1996. Morfometría y análisis de los procesos erosivos de la cuenca del arroyo Huasamayo, provincia de Jujuy, Argentina. 12 Congreso Geológico Boliviano. I:269-280. Tarija. Bolivia.

Buitrago, L. G. y M. T. Larran, 1994. El clima de la provincia de Jujuy. Cátedra de Climatología y Fenología Agrícola. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Jujuy. 38pp. S. S. de Jujuy.

Buitrago, L., 1998. Potencial eólico de la Quebrada y Puna jujeña. Anemometría y Aerogeneradores. Proyecto SECTER. Facultad de Agronomía. Departamento de Climatología. Universidad Nacional de Jujuy, 85 pp. S.S. de Jujuy.

Casertano, L. y R. Barozzi, 1961. Informe sobre el sistema volcánico del Lascar. Garin, J. Informe petrográfico sobre muestras del sistema volcánico del Lascar. Publicación 23. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Físicas y matemáticas. Instituto de Geología. Editorial Universitaria. Chile.

Corominas, J., 1986. Memoria de la cartografía de riesgos geológicos de les comarques de muntanya de Catalunya. Conselleria de Política Territorial i Obres Públiques. Generalitat de Catalunya. España. En Corominas Dulcet (1988) Riesgos Geológicos. Serie Geología Ambiental. IGME. 193-201. Madrid. España.

Camacho, M., N. Solis, T. Antequera, G. E. Bossi, E. Tolabín, D. Montañez, 1999. Los depósitos de arcillas y su aplicación en la quebrada de Humahuaca, valle de San Salvador de Jujuy y Puna jujeña. 14 Congreso geológico Argentino. 2:406-409. Salta

Chayle, W. y P. N. Agüero, 1987. Características de la remoción en masa en la cuenca del Río Grande (quebrada de Humahuaca, Jujuy). Revista del Instituto Geológico y Minero. 7:107-121. UNJU.

Gardeweg, M. 1991. La actividad eruptiva 1986 - 1990 del Volcán Lascar. Región Antofagasta, Chile. 6° Congreso Geológico Chileno. Resúmenes expandidos. 477 - 480. Chile

Gardeweg, M., 1992. III Informe sobre el comportamiento de Volcán (II región): Febrero - Marzo. Servicio Nacional de Geología y Minería de Chile. Inédito. Chile.

Gardeweg, M., 1994. Volcán Lascar. Geología y evaluación del riesgo Volcánico. Altiplano: II región. Servicio Nacional de Geología y Minería de Chile. Inédito. Chile.

Geonorte - UNSA - SEGEMAR, 1996. Informe de la actividad eruptiva del Volcán Lascar, erupción 18/24 - Abril - 1993. Inédito. Buenos Aires.

Gonzalez, M. A. (1998) Hoja geológica 2366-IV, Ciudad del Libertador General San Martín. Jujuy - Salta. SEGEMAR. En edición. Buenos Aires.

Gonzalez, M. A. y R. Chavez, 1999. Carta de Peligrosidad Geológica de la Hoja Ciudad del Libertador General San Martín. 4<sup>a</sup> Simposio de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Medio Ambiente y 3<sup>a</sup> Reunión sobre preparación y uso de mapas temáticos. (en prensa). S. C. de Bariloche.

Gonzalez, M. A. y R. Chavez, 1999. Carta de Procesos Geológicos de la Hoja Ciudad de Libertador General San Martín. 16 Congreso Geológico Argentino. 2:35-xx. Salta.

Gonzalez Diaz, E. F. y L. Fauqué, 1985. Informe geomorfológico y geología preliminar sobre la zona de León - El Volcán, Quebrada de Humahuaca (Jujuy). Secretaría de Minería. Inédito. Buenos Aires.

Gonzalez Diaz, E. F. y L. Fauqué, 1987. Proveniencia del material componental del torrente de barro de El Volcán. Quebrada de Humahuaca, Jujuy, Argentina. 10<sup>o</sup> Congreso Geológico Argentino. 3:309-312.

Harrington, H. J. 1946. Las corrientes de barro (mud - flow) de Volcán - Quebrada de Humahuaca. Jujuy. Revista de la Asociación Geológica Argentina 1(2):149-165. Buenos Aires.

Igarzabal, A. P., 1982. El relieve de la Puna Argentina. Revista del instituto de Ciencias Geológicas. N°5:45-66. Universidad Nacional de Jujuy.

Igarzabal, A. P., 1991. Morfología de las provincias de Salta y Jujuy. Revista del Instituto de Geología y Minería, N° 8:97-132.. Universidad Nacional de Jujuy.

Igarzabal, A. P. y F. R. Rivelli, 1996. Características y evolución morfológica de la masa de arena de la depresión Salinas Grandes - Guayatayoc, en la Puna Jujeña. Revista Instituto de Geología y Minería. Volumen 11, 1:27-40. Jujuy.

Igarzabal, A. P. Y F. R. Rivelli, 1996. Incidencia del Cono del Arroyo del Medio en el desajuste del río Grande (Quebrada de Humahuaca, provincia de Jujuy). 15<sup>o</sup> Congreso Geológico Argentino. 4:187-199.

INPRES (1977). Zonificación sísmica de la República Argentina. Publicación Técnica N°5. 37p. San Juan.

Monteverde, A. y E. Kittl, 1946. Torrente El Volcán. 1<sup>o</sup> Congreso Vial Regional del Norte Argentino. Trabajo 46.

Pastore, F. y P. Groeber, 1931. Reconocimiento geológico del torrente de barro llamado "Volcán". An. Mus. Nac. Hist. Nat. Vol. 37. 1.

SEGEMAR, 1987. Normativa para la Cartografía Línea Base de Peligrosidad Geológica de la República Argentina a escala 1:250.000. Proyecto PASMA. 64pp. Buenos Aires.

SEGEMAR - ITGE, 1998. Estudio geológico integrado de la Quebrada de Humahuaca. Geología Regional y geomorfología. Anales 30.

AnexoIII: Caracterización geomecánica de los materiales de la quebrada de Purmamarca y Yacoraite. 69pp.

Anexo IV: Peligrosidad y riesgos naturales en la quebrada de Humahuaca. 61pp.

Solis, N. y O. Orosco, 1996. Riesgo Geológico en la localidad de Tilcara. Provincia de Jujuy, República Argentina. 12 Congreso Geológico de Bolivia. 927 - 934. Tarija, Bolivia.

Solis, N. y O. Orosco, 1996. Zonificación geoambiental de la localidad de Volcán y sus alrededores. Provincia de Jujuy. 1º Reunión nacional de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio. 2:297-308. Río Cuarto. Córdoba.

Val Melus, J. (1988). Factores que controlan los procesos de erosión sedimentación. En: Riesgos Geológicos. Serie geología Ambiental. Instituto Geológico y Minero de España. Curso de Riesgos Geológicos. 153-161. Madrid.

Valoy, J. C., 1982. Taludes y deslizamientos de rocas en rutas del norte argentino. 5º Congreso Latinoamericano de Geología Argentina. 4:53-57.

Varnes, D. J., 1984. Landslides hazard zonation: a review of principales and practice. Natural Hazard 3. UNESCO. 63pp.

Viera, V. O. y E. M. Brandán, 1995, Procesamiento topográfico digital de la alta cuenca del Arroyo del Medio, Jujuy. , usando WODITEM. 1º Reunión Nacional de Geología Ambiental y Ordenamiento del Territorio. 2: 285 - 296. Río Cuarto. Córdoba.

Viramonte, J., R., Segiaro, R. Becchio y I. Petrovic, 1994. Erupción del Volcán Lascar. Chile - Andes Centrales (Abril, 1993). 4ta. Reunión del Volcán Colima:149-151. México.

Yanes, L. A., 1987. Programa Nacional para la Conservación de la Infraestructura. Proyecto MOSP – PNUD. Ministerio de Obras y Servicios Públicos. Secretaría de Coordinación de Obras y Servicios Públicos. 43 Tomos. Argentina.